

Exe-sähkömoottoreiden ylivirtasuojauksen koestus

Lasse Hölsö

Opinnäytetyö

Maaliskuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Hölsö, Lasse	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 17.03.2016
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Exe-sähkömoottoreiden ylivirtasuojauksen koestus		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sirpa Hukari		
Toimeksiantaja(t) Ekokem Oyj		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Ekokem Oyj. Ekokem Oyj on vaarallisten jätteiden hävittämiseen keskittynyt yritys, joka tuottaa myös ympäristö- ja materiaalihallinnan palveluita.</p> <p>Toimeksiannon tarkoituksena oli koestaa räjähdysvaarallisissa pumppaamoissa sijaitsevien Exe-tyyppin sähkömoottorien lämpöreleet, jotta voitiin varmistaa kyseisten pumppaamoiden turvallisuus Exe-tyyppin sähkömoottorien osalta. Lisäksi tuli myös laatia taulukko räjähdysvaarallisissa pumppaamoissa sijaitsevista Exe-tyyppin sähkömoottoreista ja niiden lämpöreleistä, josta käy ilmi sähkömoottorien ja lämpöreleiden nimellis- ja asetteluarvot.</p> <p>Lämpöreleiden koestamisessa tarvittavat arvot saatiin sähkömoottoreiden ja lämpöreleiden nimellisarvoista. Koestaminen suoritettiin koestuslaitteistoa apuna käyttäen, jonka avulla saatiin syötettyä tarvittavan suurta virtaa lämpöreleeseen.</p> <p>Alueelta testattiin 34 kappaletta lämpöreleitä, jotka suojasivat Exe-tyyppin sähkömoottoreita. Näistä 34:stä lämpöreleestä 23 lämpörelettä täytti standardin määrittelemät ehdot, jotta ne kelpaavat sähkömoottorin ylivirtasuojaukseen. Koestamisen aikana hylättiin 11 lämpörelettä, koska ne eivät täyttäneet standardin vaatimuksia. Hylätyt lämpöreleet korvattiin uusilla vastaavilla lämpöreleillä, joita ei koestettu enää uudestaan.</p> <p>Työn aikana huomattiin myös kolme puutosta keskuksien merkinnöissä ja viisi lämpörelettä, joista oli kosketussuojat rikki.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lämpörele, koestus		
Muut tiedot		

Author(s) Hölsö, Lasse	Type of publication Bachelor's thesis	Date 17.03.2016
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 45	Permission for web publication: x
Title of publication Testing overcurrent protection of Exe electrical motors		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Hukari, Sirpa		
Assigned by Ekokem Oyj		
<p>Abstract</p> <p>The bachelor's thesis was assigned by Ekokem Oyj. Ekokem Oyj focuses on disposing hazardous waste and producing environment and material management services.</p> <p>The purpose of the assignment was to test the thermal relays that protect the Exe type of electrical motors located in the pumping stations which are hazardous due to the presence of explosive gases. The second purpose was to compile a list of all the attributes of the Exe type of electrical motors and thermal relays located in the hazardous pumping stations.</p> <p>The necessary values to complete the testing of the thermal relays were gained from the nominal values of the Exe type of electrical motors and the thermal relays. The testing was completed using a testing apparatus specifically made for this purpose. With that testing apparatus it was possible to feed high enough current to the thermal relays.</p> <p>In total 34 thermal relays were tested which protected the Exe type of electrical motors. From these 34 thermal relays 23 passed the required conditions specified in the standards and were suitable to protect these electrical motors from overcurrent. During the testing there were 11 thermal relays that did not pass the test and were replaced by new suitable thermal relays. The new thermal relays that replaced the discarded ones were not tested.</p> <p>During the assignment three missing markings were noticed from the electrical switch gear, and there were five broken contact protections in the thermal relays.</p>		
Keywords/tags (subjects) Thermal relay, testing		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Ekokem Oyj	4
1.2	Toimeksianto	4
2	Räjähdyksvaaralliset tilat.....	5
2.1	ATEX-direktiivi	5
2.2	Tilaluokat	6
2.3	Räjähdyksvaarallisten tilojen merkinnät.....	7
2.4	Räjähdyksvaarallisissa tiloissa sallitut työkalut.....	8
2.5	Räjähdyssuojausasiakirja	8
2.6	Henkilökunnan pätevyys	9
3	Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteiden tyyppi hyväksynnät	10
3.1	Ex-laitteiden merkinnät.....	10
4	Räjähdyksvaarallisessa tilassa sijaitsevat sähkölaitteet	12
4.1	Laiteluokat	12
4.2	Räjähdyssuojaustasot	13
4.3	Räjähdyksryhmät.....	13
4.4	Syttymisryhmät ja syttymislämpötilat.....	14
4.5	Kotelointi	15
4.6	Sähkölaitteistojen luokat.....	16
4.6.1	Luokka 1	16
4.6.2	Luokka 2	17
4.6.3	Luokka 3	17
4.7	Käyttöönottotarkastus	17
4.8	Varmennustarkastus	18
4.9	Määräaikaistarkistus	19

5	Räjähdyksvaarallisten tilojen sähköasennukset.....	20
5.1	Suojamaadoitukset.....	20
5.2	Potentiaalin tasaukset.....	20
5.3	Läpiviennit	21
6	Lämpöreleiden koestuslaitteisto	22
6.1	Exe-sähkömoottori	22
6.2	Lämpörele.....	23
6.3	Koestuslaitteiston hyväksynät ja vaatimukset	23
6.4	Koestuslaitteen toiminta	24
7	Työn toteutus	24
7.1	Taustatiedon selvitys.....	24
7.2	Mittausten suunnittelu	25
7.3	Mittaus turvallisuus.....	28
7.4	Mittaaminen.....	29
8	Työn tulokset.....	29
9	Pohdinta.....	30
	Lähteet	32
	Liitteet	34
	Liite 1. Exe tyypin sähkömoottori ja lämpörele luettelo.....	34
	Liite 2. Työssä käytetyt lämpöreleiden laukaisukäyrät ja -taulukot.....	37
	Liite 3. Koestus- ja työohje	42
	Liite 4. Mittauspöytäkirja	44

Kuviot

Kuvio 1. Ex-alueen varoitusmerkki (alkup. kuvio ks. Tukes 2015, 16)	8
Kuvio 2. Esimerkki Ex-laitteen merkinnöistä (alkup. kuvio ks. Tukes 2012)	12
Kuvio 3. Megger CSU600AT koestuslaite	26
Kuvio 4. AVO SITS-120 koestuslaite	27

Taulukot

Taulukko 1. Laitteen syttymisryhmä ja sen suurin sallittu pintalämpötila	14
--	----

1 Johdanto

1.1 Ekokem Oyj

Ekokem Oyj on vuonna 1979 perustettu yritys, joka tarjoaa ympäristöhuollon ja materiaalitehokkuuden palveluita. Yhtiön nimi oli vuoteen 1985 saakka Oy Suomen Ongelmajäte – Finlands Problemavfall Ab ja vuosina 1985 – 2014 Ekokem Oy Ab.

Ekokem Oyj:n toimintaan kuuluu ympäristöhuollon lisäksi vaarallisten jätteiden käsittely sekä energiatuotanto ja niihin liittyvät palvelut. Ekokem Oyj kehittää jätteitä vähentäviä ja hyödyntäviä ratkaisuja, hoitaa koko jätehuoltoketjua, tuottaa jätteestä raaka-aineita, uusiotuotteita ja energiaa sekä loppusijoittaa turvallisesti hyödyntämiseen kelpaamattomat vaaralliset ja tavanomaiset jätteet.

Ekokem Oyj:llä on toimipaikkoja Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Ekokem Oyj:stä omistaa noin yhden kolmanneksen Suomen valtio, toisen kolmanneksen kunnat ja kuntien omistamat yhteisöt sekä kolmannen kolmanneksen elinkeinoelämä ja yksityiset sijoittajat.

1.2 Toimeksianto

Opinnäytetyön toimeksiannon sain Ekokem Oyj:n sähkötöiden johtajalta, Jukka Salonneniemeltä. Opinnäytetyössä oli tarkoituksena kartoittaa säiliöalueen räjähdysvaarallisissa pumppaamoissa sijaitsevat varmennetun rakenteen sähkömoottorit sekä koestaa kyseisten sähkömoottorien ylivirtasuojalaitteet.

Toimeksianto oli tarpeellinen, koska edellisestä määräaikaista koestamisesta oli kulunut joidenkin lämpöreleiden osalta yli 10 vuotta. Tämän työn tarkoituksena oli varmistaa koestamisen avulla varmennetun rakenteen sähkömoottoreiden ylivirtasuojaus ja näin ollen estää kyseisten sähkömoottoreiden ylikämmeneminen säiliöalueen räjähdysvaarallisissa pumppaamoissa.

2 Räjähdyksvaaralliset tilat

Räjähdyksvaaralliseksi tiloiksi luokitellaan tilat, joissa voi esiintyä ilmaseos, joka on räjähdyksvaarallinen. Räjähdyksvaaran tilaan voi aiheuttaa palavat kaasut, palavien nesteiden höyryt tai sumut, palava ilmassa leijuva pöly tai varsinaiset räjähdyksaineet. Räjähdyksvaaralliset tilat voivat olla esimerkiksi kokonaisrakennuksia, huoneita, huoneiden osia, ulkotiloja, kaivoksia tai prosessin säiliöitä sekä putkistoja. Tällaisia tiloja kutsutaan Ex-tiloiksi.

Räjähdyksvaarallisiin tiloihin pitää laatia tilaluokitus, jotta saadaan selville kaikki vaaraa aiheuttavat osa-alueet. Tilaluokituksen voi laatia henkilö, joka tuntee vaaraa aiheuttavat aineet ja prosessit. Tilaluokitus on osa räjähdyssuojausasiakirjaa ja se tulee säilyttää laitosalueella. Tilaluokituksessa esitetään tilojen jako eri tilaluokkiin ja kyseisten tilojen mitat. Aineominaisuudet, jotka vaikuttavat laitevalintoihin tulee myös esitellä tilaluokituksessa. (Kauppila, Tiainen, Ylinen, 2009)

2.1 ATEX-direktiivi

ATEX-direktiivi koskee laitteita, joita käytetään räjähdyksvaarallisissa tiloissa ja joissa on syttymislähde. Direktiivi koskee sähkö- ja mekaanisia laitteita, laitekoonpanoja, itsenäisiä suojajärjestelmiä sekä turva-, säätö- ja ohjauslaitteita, joita käytetään räjähdyksvaarallisten tilojen ulkopuolella, mutta jotka ovat tarpeellisia ATEX-laitteiden ja suojajärjestelmien turvallisen toiminnan kannalta.

Lääkinnälliset laitteet, kulkuneuvot, merialukset ja henkilösuojaimet eivät kuulu ATEX-direktiivin soveltamisalaan. Direktiivin soveltamisalan ulkopuolelle on myös jätetty laitteet ja suojajärjestelmät, jos räjähdyksvaara johtuu räjähtävän tai epävakaan kemiallisen aineen läsnäolosta. ATEX-direktiivi ei koske myöskään laitteita, joita käytetään koti tai ei-kaupallisessa ympäristössä, joissa räjähdyksvaarallinen tila muodostuu harvoin, yksinomaan satunnaisen kaasuvuodon seurauksena tai laitteita, joiden ainoa potentiaalinen syttymislähde on prosessista aiheutuva staattinen sähkö.

ATEX-direktiivin alaisen laitteen mukana on toimitettava kaikki tarvittavat ohjeet ja tiedot, jotta laitteen asennus, käyttö ja huolto on turvallista ja tarkoituksen mukaista.

Korjattaessa laitetta kyseisen laitteen räjähdysuojaurakenteeseen ei saa tulla muutoksia. (Tukes. 2012)

Uutta ATEX-direktiivia 2014/34/EU aletaan soveltamaan 20.4.2016 alkaen ja sen soveltamisalaan kuuluu tuotteet, jotka ovat uusia Euroopan unionin markkinoilla, eli ovat unionin sisällä valmistettuja uusia tuotteita tai kolmannesta maasta tuotuja uusia tai käytettyjä tuotteita. (EUR-lex. 2014)

2.2 Tilaluokat

Räjähdysvaaralliset tilat luokitellaan standardissa SFS 6000 kuuteen eri alaluokkaan räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintymistaajuuden ja kestoajan sekä räjähdysvaaran aiheuttavan aineen perusteella. Normaalikäyttöön katsotaan myös kuuluvan ei-toivotut, mutta silti mahdolliset tekniset häiriöt laitteiden toiminnassa. Esimerkiksi pumpun akselitiivisteiden vuotaminen tai astian ylitäyttö, voivat aiheuttaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Normaalikäyttöön ei kuitenkaan katsota kuuluvan onnettomuuksia tai rikkoutumisia, joita ei voi kohtuudella olettaa tapahtuvan. Esimerkkinä säiliön repeytyminen tai putken rikkoituminen. Tilaluokat on määritelty standardissa seuraavasti.

Tilaluokka 0 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai toistuvasti.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

Tilaluokka 1 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalikäytössä ajoittain.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

Tilaluokka 2 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa kaasun, höyryn tai sumun ja ilman muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos ei todennäköisesti esiinny normaalikäytössä, mutta mikäli sellainen kuitenkin esiintyy, on sen esiintymisaika lyhyt.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

Tilaluokka 20 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

Tilaluokka 21 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos todennäköisesti esiintyy normaalitoiminnassa ajoittain.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

Tilaluokka 22 on määritelty standardissa seuraavasti.

”Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.” (SFS-Käsikirja 604-2. s. 24)

2.3 Räjähdysvaarallisten tilojen merkinnät

Räjähdysvaaralliset tilat tulee merkitä direktiivin 1999/92/EY mukaisesti. Sellaisten tilojen sisäänkäynnit, joissa saattaa esiintyä räjähdyskelpoista ilmaseosta sellaisissa määrin, että se voi vaarantaa työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden tulee merkitä varoitusmerkillä (ks. kuvio 1). Laitteistojen osia, jotka on rakenteellisesti täysin suojattu, ei tarvitse merkitä. Jos räjähdysvaarallinen alue on vain osa tilasta, kyseessä oleva alue voidaan merkitä esimerkiksi lattiassa olevalla keltamustalla viivoituksella. (ST-kortti 51.81, 2 - 3)

Varoitusmerkin tulee olla kolmion muotoinen ja siinä tulee olla mustat kirjaimet, keltainen tausta sekä musta reunus. Keltaisen osuuden on peitettävä ainakin 50 prosenttia varoitusmerkin pinta-alasta. (Tukes. 2015, 16)



Kuvio 1. Ex-alueen varoitusmerkki (alkup. kuvio ks. Tukes 2015, 16)

2.4 Räjähdyssvaarallisissa tiloissa sallitut työkalut

Työkalut kuten porakoneet, käsivalaisimet ja radiopuhelimet täytyy olla ATEX-hyväksyttyjä laitteita. Käsityökalujen ei tarvitse olla ATEX-hyväksyttyjä. Työvälineen täytyy olla sertifioitu eli Ex-hyväksytty, hyväksyntämerkinnän pitää löytyä merkkikylttinä tai stanssattuna työvälineestä. Laitteesta tulee myös löytyä hyväksymistodistus, joka tulee säilyttää. (Dio koulutus. 2014)

Esimerkiksi matkapuhelimia ja älykelloja sekä muita henkilökohtaisia laitteita, joista ei löydy Ex-hyväksyntämerkkiä, ei saa viedä Ex- tilaan. Räjähdyssvaarallisissa tiloissa suoritettavissa sähkötöissä, pitää työvälineiden täyttää vaatimukset sekä Ex-hyväksynnän puolesta, että sähköturvallisuuden puolesta.

2.5 Räjähdyssuojasiasiakirja

Yritys laatii räjähdysuojasiasiakirjan räjähdysvaarallisten tilojen selvityksen ja arvioinnin perusteella. Räjähdyssuojasiasiakirja on dokumentti, joka palvelee kohteen suunnittelua ja jota täydennetään rakentamisvaiheen ja käytön aikana. Räjähdyssuojasiasiakirjaa ei toimiteta viranomaisille vaan se on yrityksen omassa käytössä. Räjähdyssuojasiasiakirja on pidettävä ajan tasalla, esimerkiksi mahdolliset muutokset tilan sähkölaitteissa.

Räjähdyssuojasiasiakirjassa tulee esittää riskien arviointien tulokset sekä menettelytapa, jota räjähdysvaaran tunnistamiseen on käytetty sekä räjähdysvaarallisten tilojen toiminnasta vastuussa olevat henkilöt. Räjähdyssuojasiasiakirjasta tulee myös ilmetä räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu, niiden pohjapiirustus, josta ilmenee poistumistiet sekä myös tiedot tilojen siivouksesta ja ilmanvaihdesta. Räjähdyssvaaran kannalta on tärkeää esittää toimintojen kuvaus ja kuvaus räjähdyskelpoisen ilmaseoksen aiheuttavista aineista ja olosuhteista, joissa kyseistä ilmaseosta muodostuu sekä selvitys siitä, missä vaarallista räjähdyskelpoista ilmaseosta voi esiintyä sekä mitä laitteita tiloissa on. Laitteiden ja työvälineiden suhteen räjähdysuojasiasiakirjasta tulee ilmetä luettelo niistä laitteista ja työvälineistä, jotka voivat toimia sytytyslähteinä sekä luettelo useissa eri paikoissa käytettävistä työvälineistä, jotka on hyväksytty käytettäväksi räjähdysvaarallisissa tiloissa. Myös toteutetut räjähdysuojastoimenpiteet ja selvitys siitä kuka organisaatiossa vastaa turvallisuustoimenpiteiden toteuttamisesta. Räjähdyssuojasiasiakirjan päivittämisestä vastuussa oleva henkilö tulee myös esittää kyseisessä dokumentissa. (ST-kortti 51.83, 2)

2.6 Henkilökunnan pätevyys

Henkilöt, jotka saavat tehdä sähköasennusten suunnittelua, laitevalintaa ja asentamista räjähdysvaaralliseen tilaan tulee koulutuksensa ja työkokemuksensa perusteella tuntea eri räjähdysuojastyypit ja asennustavat, laitteistoja koskevat säännöt ja määräykset sekä tilaluokituksen yleiset periaatteet. Henkilöiden pätevyyden on sovelluttava kyseessä olevaan työhön ja henkilökunnalle on säännöllisesti annettava soveltuvaa jatkokoulutusta. Henkilökunnan pätevyys voidaan osoittaa koulutus- ja varmennuspuutteissa, jotka ovat kansallisten säännösten, standardien tai käyttäjän vaatimusten mukaisesti relevantteja. (SFS-Käsikirja 604-2. s. 30 - 31)

3 Räjähdyksvaarallisten tilojen sähkölaitteiden tyyppi hyväksynnät

Oikeanlaisten ja riittävien merkintöjen tulee antaa mahdollisimman lyhyesti tietoa kyseessä olevan sähkölaitteen pääominaisuuksista. Tämän avulla voidaan varmistaa, että sopiva laite sijoitetaan oikeaan paikkaan ja että laitteen käyttö, hoito ja huolto ovat asianmukaisia. Merkinnät ovat olennainen osa turvallisuutta ja jos sähkölaite täytyy asentaa niin, että merkinnät eivät jää näkyviin tulee räjähdysuojauksen kannalta olennaisten merkintöjen tulla ilmi jollakin tavalla laitteen läheisyydessä. Uutta arvokilpeä ei laitteeseen saa asentaa siten, että se vaikuttaa laitteen räjähdysuojaurakenteeseen.

3.1 Ex-laitteiden merkinnät

Standardissa SFS-EN 60079-0 määritellään merkinnät, jotka tulee olla Ex-laitteessa (ks. kuvio 2). Näiden merkintöjen määrään vaikuttaa laitteen sijoitus, joko kaasuräjähdyksvaarallinen tila tai pölyräjähdysvaarallinen tila, kyseisen laitteen koko ja sen tyyppi. Jos laitteen eri osissa käytetään erilaisia räjähdysuojaurakenteita, on kussakin osassa oltava sen räjähdysuojauksen tunnus.

Ex-laitteen merkinnöistä tulee käydä ilmi valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki, valmistajan antama tyyppimerkintä, kyseisen laitteen sarjanumero tai valmistuserän numero, sertifikaatin julkaisijan nimi tai merkki ja kyseisen sertifikaatin tunnus sekä kaikki muut kyseessä olevien räjähdysuojaurakenteita koskevien erityisstandardien määrittämät merkinnät. (ST-kortti 51.83, 8)

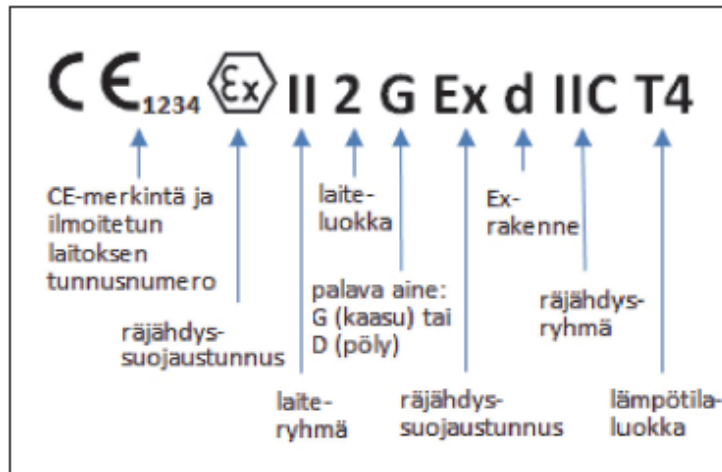
Jos laite sijoitetaan kaasuräjähdyksvaaralliseen tilaan, sen merkinnöistä tulee käydä myös ilmi Ex-tunnus, räjähdysuojaurakenteen tunnus, laiteryhmän tunnus, lämpötilaluokan ilmaiseva tunnus, jos kyseessä on ryhmän II sähkölaite myös kyseisen laitteen räjähdysuojaustaso. Nämä merkinnät tulee sijoittaa tässä järjestyksessä laitteeseen, lyhyellä välillä toisistaan erotettuina. (ST-kortti 51.83, 8)

Pölyräjähdysvaaralliseen tilaan sijoitettavasta laitteesta tulee Ex-laitteen merkintöjen lisäksi käydä ilmi Ex-tunnus, räjähdysuojaurakenteen tunnus, laiteryhmän tunnus, maksimilämpötila celsiusasteissa merkittynä kirjaimen T jälkeen,

räjähdyssuojaustasot sekä kotelointiluokka. Nämä merkinnät tulee sijoittaa tässä järjestyksessä laitteeseen, lyhyellä välillä toisistaan erotettuina. (ST-kortti 51.83, 9)

Jos kyseessä on Ex-komponentti, eli sähkölaitteen osa tai osakokonaisuus, tulee se merkitä symbolilla "U". Merkinnän tulee sisältää seuraavat tiedot. Valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki, valmistajan tyyppimerkintä, Ex-tunnus, suojausrakenteen tunnus, Ex-komponenttiin liittyvän sähkölaitteen tunnus, sertifikaatin myöntäjän nimi tai tunnus sekä sertifikaatin numero, tunnus "U", muissa erityisstandardeissa määritellyt lisämerkinnät ja mahdollisimman paljon merkintöjä kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen merkinnöistä, merkintätilan sallimissa määrin. Esimerkiksi Exe-rakenteiden liitântäalusta ja Exd-rakenteiden kytkentäkotelo ovat Ex-komponentteja. (ST-kortti 51.83, 9)

Jos kyseessä oleva laite on kooltaan pieni ja siinä on rajoitetusti tilaa, voidaan merkintöjä vähentää, mutta seuraavat merkinnät tulee silti käydä ilmi. Valmistajan nimi tai tavaramerkki, valmistajan antama tyyppimerkintä, sertifikaatin myöntäjän nimi tai tunnus ja sertifikaatin numero. Jos kyseessä on sähkölaite, merkitään kirjain X, jos se on tarpeen ja jos kyseessä on Ex-komponentti, merkitään kirjain U, jos se on tarpeen. Valmistajan tyyppimerkintä voidaan jättää pois, jos sertifikaatin viittaus mahdollistaa kyseessä olevan tyyppin tunnistuksen. Kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisten tilojen vaatimuksissa määriteltyä merkintätietoa tulee sisällyttää mahdollisimman paljon kuitenkin merkintätilan sallimassa määrin. Jos kyseessä on kuitenkin erittäin pieni sähkölaite tai Ex-komponentti ja siinä ei ole ollenkaan käyttökelpoista merkintätilaa, sallitaan merkintä, jolla viitataan kyseiseen laitteeseen tai Ex-komponenttiin. (ST-kortti 51.83, 9)



Kuvio 2. Esimerkki Ex-laitteen merkinnöistä (alkup. kuvio ks. Tukes 2012)

4 Räjähdysvaarallisessa tilassa sijaitsevat sähkölaitteet

Kappaleessa esitellään tietoa räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteiden luokittelusta sekä tämän työn kannalta olennaiset räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet.

4.1 Laiteluokat

Laiteluokat jaotellaan räjähdysryhmien mukaan luokkiin M1, M2, 1, 2, ja 3.

Laiteluokkia M1 ja M2 käytetään kaivosteollisuudessa. Laiteluokkia 1, 2 ja 3 käytetään muussa teollisuudessa. (VTT, N.d.)

Laiteluokkaan M1 kuuluvassa laitteessa on erittäin korkea turvallisuustaso ja se voi olla toiminnassa, vaikka samassa tilassa esiintyy räjähdyskelpoinen seos.

Laiteluokkaan M2 kuuluva laite omaa korkean turvallisuustason, mutta räjähdyskelpoisen seoksen esiintyessä laite kytketään jännitteettömäksi. (VTT, N.d.)

Laiteluokkaan 1 kuuluvassa laitteessa on erittäin korkea turvallisuustaso ja laite on tarkoitettu käytettäväksi tilassa, jossa räjähdysvaarallinen seos esiintyy jatkuvasti tai pitkäaikaisesti. Suunniteltu käytettäväksi tilaluokkiin 0 ja 20. (VTT, N.d.)

Laiteluokkaan 2 kuuluvassa laitteessa on korkea turvallisuustaso ja laite on tarkoitettu käytettäväksi tilassa, jossa räjähdysvaarallinen seos esiintyy satunnaisesti normaalikäytössä. Suunniteltu käytettäväksi tilaluokkiin. 1 ja 21. (VTT, N.d.)

Laiteluokkaan 3 kuuluvassa laitteessa on normaali turvallisuustaso ja se on tarkoitettu käytettäväksi tilassa, jossa räjähdysvaarallinen seos esiintyy epätodennäköisesti ja lyhytaikaisesti. Suunniteltu käytettäväksi tilaluokkiin. 2 ja 22. (VTT, N.d.)

4.2 Räjähdysuojaustasot

Laitteiden räjähdysuojaustasot perustuvat riskinarviointiin. Räjähdysuojaustasoja on kolme kappaletta ja ne ovat samat sekä kaasu- ja pölyräjähdysvaarallisille laitteille. Räjähdysuojaustasot ovat a, b ja c. Räjähdysuojaustasot vastaavat ATEX-direktiivin laiteluokkia 1, 2 ja 3. (ST-kortti 51.83, 10)

Taso a tarkoittaa laitetta, jolla on hyvin korkea suojaustaso eikä laite ole syttymislähde normaalikäytössä, odotettavissa eikä harvinaisissa vikatilanteissa. (ST-kortti 51.83, 10)

Taso b tarkoittaa laitetta, jolla on korkea suojaustaso eikä laite ole syttymislähde normaalikäytössä tai odotettavissa olevissa vikatilanteissa. (ST-kortti 51.83, 10)

Taso c tarkoittaa laitetta, jolla on korotettu suojaustaso eikä laite ole syttymislähde normaalikäytössä. (ST-kortti 51.83, 10)

Pölyräjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi valitun sähkölaitteen on oltava suojattu yhdellä tai useammalla seuraavista räjähdysuojaurakenteista. Pölyn poissulkeva, syttymisen pitävä kotelointi, massaan valettu rakenne, luonnostaan vaaraton rakenne tai paineistettu kotelointi, joka täyttää pölyräjähdysvaarallisen tilan vaatimukset standardin IEC 61241-4 mukaisesti. (ST-kortti 51.83, 11)

4.3 Räjähdysryhmät

Räjähdysryhmillä tarkoitetaan palavien nesteiden höyryjen ja kaasujen jakoa ryhmiin. Ryhmiin jako tapahtuu kyseisten aineiden kyvyn levittää räjähdystä kapean raon läpi

tai pienimmän syttymisvirran mukaan. Höyryt ja kaasut jaetaan räjähdysryhmiin IIA, IIB ja IIC.

Räjähdysvaarallisiin tiloihin sijoitettavat sähkölaitteet jaetaan kahteen eri ryhmään. Ryhmään I kuuluu räjähdysvaarallisten kaivosten sähkölaitteet. Ryhmään II kuuluvat kaikki muut räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet. Räjähdysuojusrakenteet Exd ja Exi, räjähdyspaineen kestävä rakenne ja luonnostaan vaaraton rakenne jaetaan vielä alaryhmiin A, B ja C. Ryhmiin jako tapahtuu suurimpaan kokeelliseen turvarakoon perustuen Exd-rakenteella ja Exi-rakenteella ryhmiin jako perustuu pienimpään syttymisvirtaan. (ST-kortti 51.83, 3)

4.4 Syttymisryhmät ja syttymislämpötilat

Palavat kaasut ja höyryt jaotellaan kuuteen eri syttymisryhmään T1 – T6 kyseisen aineen itsesyttymislämpötilan perusteella. Syttymislämpötila on siis alin lämpötila, jossa aine syttyy, kun se koskettaa kuumaa pintaa. Sähkölaitteen valinnassa on huolehdittava siitä, että kyseisen sähkölaitteen syttymisryhmä on sopiva vaaraa aiheuttaville aineille sekä muille tilassa sijaitseville materiaaleille. (ST-kortti 51.83, 10)

Syttymisryhmän T1 omaavaa sähkölaitetta saa käyttää vain palavalle nesteelle, jonka syttymisryhmä on myös T1. T6 ryhmän omaavaa sähkölaitetta saa käyttää kaikkien palavien nesteiden kanssa, jotka kuuluvat syttymisryhmiin T1 – T6.

Taulukko 1. Laitteen syttymisryhmä ja sen suurin sallittu pintalämpötila

Laitteen syttymisryhmä	Suurin sallittu pintalämpötila °C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

4.5 Kotelointi

IP-luokitus määritellään standardissa SFS-EN 60529. IP-koodissa kirjaimet IP tarkoittavat, että kotelointi on määritelty standardin SFS-EN 60529 mukaan.

Ensimmäinen numero, tai kirjain X, IP-luokituksessa ilmaisee, kuinka hyvin kotelointi on suojattu vaarallisten osien koskettamisen suhteen. Numero myös ilmaisee kuinka hyvin kotelointi suojaa laitetta vieraiden aineiden tunkeutumista vastaan.

IP-luokituksen toinen numero, tai kirjain X, ilmaisee kyseisen koteloinnin vesisuojauksen.

IP-luokituksen ensimmäinen tunnusnumero voi olla 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Laitesuojauksessa numero 0 tarkoittaa suojaamatonta. Numero 1 tarkoittaa suojausta suurempia kuin yli 50 mm halkaisijan kappaleita vastaan. Numero 2 tarkoittaa suojausta yli 12,5 mm halkaisijan kappaleita vastaan. Numero 3 tarkoittaa suojausta yli 2,5 mm halkaisijan kappaleita vastaan. Numero 4 tarkoittaa suojausta yli 1,0 mm halkaisijan kappaleita vastaan. Numero 5 tarkoittaa pölysuojatusti ja numero 6 tarkoittaa pölytiivistä kotelointia. Vastaavat numerot henkilösuojauksen näkökulmasta ovat suojaamaton, nyrkiltä, sormelta, työkalulta ja numerot 4 – 6 langalta.

IP-luokituksen toinen tunnusnumero voi olla 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 tai 8. Numerot tarkoittavat vesisuojauksen kannalta suojaamatonta, pystysuoraan tippuvalta vedeltä, tippuvalta vedeltä (kallistus 15°), satavalta vedeltä, roiskuvalta vedeltä, vesisuihkulta, voimakkaalta vesisuihkulta, lyhytaikaiselta upotukselta ja jatkuvalta upotukselta.

IP-luokituksessa voidaan käyttää myös kirjaimia A, B, C ja D ilmoittamaan henkilösuojaustaso. Nämä kirjaimet tarkoittavat, että vaaralliset osat ovat kosketussuojattu nyrkiltä, sormelta, työkalulta ja langalta.

IP-luokituksissa on myös lisäkirjaimia käytössä. Lisäkirjaimilla H, M, S ja W ilmoitetaan, että kyseessä on suurjännitelaitte suojaus, vesisuojauskoestettu laitteen

ollessa käynnissä, vesisuojauskoestettu laitteen ollessa pysähdyksissä ja laite on koestettu erityisiin sääolosuhteisiin. (Virtuaali ammattikorkeakoulu, Harsia Pirkko)

Exe-rakenteissa koteloointi on toteutettu paljaita jännitteellisiä osia sisältävissä koteloidissa IP54 luokan mukaan. Eristettyjen jännittellisten osien kotelot voidaan Exe-rakenteessa toteuttaa vähintään IP44 luokan mukaan. Pyörivien sähkökoneiden osalta, pois lukien niiden liitäntäkotelot ja paljaat jännitteelliset osat, koteloointi voidaan toteuttaa IP20 luokan mukaan, mutta näissä tilanteissa koneeseen on merkitty käyttörajoitus. Käyttörajoituksen mukaan pyörivät sähkökoneet tulee asentaa puhtaaseen tilaan ja niitä valvotaan säännöllisesti koulutetun henkilökunnan osalta. (SFS-Käsikirja 140. s. 62)

Koteloinnissa on myös varmistettava, ettei syntyvä lämpöhäviö ylitä vaaditun lämpötilaluokan sallimaa lämpötilaa. Tämä voidaan varmistaa, joko noudattamalla valmistajan ohjeita liittimien lukumäärän, johdon poikkipintojen ja maksimivirran suhteen tai tarkistamalla, että laskettu häviöteho ei ylitä mitoituksessa käytettyä häviötehoa. Häviöteho tulee laskea valmistajan ilmoittamilla muuttujilla. (SFS-Käsikirja 140. s. 68)

4.6 Sähkölaitteistojen luokat

Sähkölaitteistojen luokat on määritelty kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 517:sta seuraavasti.

Sähkölaitteistojen luokat eivät koske televerkkojen, hissien, ilma-alusten eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähkölaitteistoja. (Finlex. 1996)

4.6.1 Luokka 1

Luokan 1 sähkölaitteisto tarkoittaa seuraavia sähkölaitteistoja.

Sähkölaitteistoa asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa.

Enintään 1 000 voltin nimellisjännitteistä sähkölaitteistoa liikerakennuksessa, julkisessa rakennuksessa, teollisuusrakennuksessa tai maatalousrakennuksessa, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria, sekä näihin rinnastettavan rakennelman sähkölaitteistoa.

Laajaa, rakennusten ulkopuolelle yleiselle paikalle asennettua sähkölaitteistoa, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria.

Sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi vaatii ilmoitusta. (Finlex. 1996)

4.6.2 Luokka 2

Luokan 2 sähkölaitteisto tarkoittaa seuraavia sähkölaitteistoja.

Sähkölaitteistoa majoitusrakennuksessa, jossa majoituspaikkoja on vähintään 100, kokoontumishuoneistossa, jossa suurin henkilömäärä on vähintään 250, ja rakennuksessa, joka on katsottava suurmyymäläksi tai -näyttelyhalliksi.

Sähkölaitteistoa sairaalan, terveyskeskuksen tai yksityisen tutkimus- ja hoitolaitoksen lääkintätilassa, jossa ei tehdä anestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä.

Sähkölaitteistoa, johon kuuluu yli 1 000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1 000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1 000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja.

Sähkölaitteistoa, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.

Verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muuta vastaavaa sähköverkkoa. (Finlex. 1996)

4.6.3 Luokka 3

Luokan 3 sähkölaitteisto tarkoittaa seuraavia sähkölaitteistoja.

Sähkölaitteistoa räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa vaarallisen kemikaalin valmistus, käsittely tai varastointi taikka räjähteen valmistus vaatii lupaa.

Sähkölaitteistoa sairaalan, terveyskeskuksen tai yksityisen tutkimus- ja hoitolaitoksen lääkintätilassa, jossa tehdään anestesiaa tai laajapuudutusta edellyttäviä toimenpiteitä. (Finlex. 1996)

4.7 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkistuksessa laaditaan tarkastuspöytäkirja sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuksen tekijän toimesta. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 517 mukaan tarkastuspöytäkirjassa tulee esittää seuraavat tiedot: kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta,

yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testausten tulokset. Tarkastuspöytäkirja on varmennettava tarkastuksen tekijän allekirjoituksella.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 517 sanotaan, että käyttöönottotarkistusta ei vaadita, jos kyseinen sähköalantyyppi voi aiheuttaa vain vähäistä vaaraa tai häiriötä, jos kyse on nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteisen tai 120 voltin tasajännitteisen sähkölaitteistojen asennuksesta. Yksittäisten komponenttien vaihto tai lisäys tai enintään 1000 voltin nimellisjännitteen yksittäisten kojeiden syötön muutostöistä ei myöskään vaadita käyttöönottotarkastusta. Myös muutostöistä, jotka kohdistuvat enintään nimellisjännitteeltään 1000 voltin kytkinlaitoksiin ja joissa ei muuteta kytkinlaitoksen nimellisarvoja tai tilapäislaitteiston asennuksesta, joka on koottu standardien mukaisista työmaa-keskuksista ei vaadita käyttöönottotarkastusta.

Sähkölaitteiston testausten tulokset on kuitenkin annettava tarvittaessa laitteiston haltijalle. (Finlex. 1996)

4.8 Varmennustarkastus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 517 on määritelty seuraavasti. Käyttöönottotarkastusten lisäksi sähkölaitteistoille tehdään varmennustarkastuksia, jos kyseessä on luokan 1 – 3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on myös suoritettava luokan 1 – 3 sähkölaitteiston muutostöille, ellei kyseessä ole edellisessä kappaleessa mainittu työ, joka on vapautettu myös käyttöönottotarkastuksesta.

Luokan 1 ja 2 sähkölaitteiston muutostöille ei edellytetä varmennustarkastusta, jos kyseessä olevan muutostyönkohteena olevan sähkölaitteiston nimellisjännite on enintään 1000 voltia ja työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta on enintään 35 ampeeria. Jos työssä ei vaadita käyttö- ja huoltotöiden johtajaa ja muutoin 250 ampeeria tai jos muutostyö kohdistuu kytkinlaitokseen eikä kytkinlaitoksen nimellisarvoja muuteta.

Varmennustarkastus on tehtävä, ennen kuin sähkölaitteisto otetaan varsinaiseen käyttöön. Varmennustarkastuksessa varmistetaan pistokokein tai muulla soveltuvalla

tavalla, että kyseinen sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuudelle asetetun tason ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus.

Varmennustarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos ja luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille sen voi tehdä myös valtuutettu tarkastaja.

Varmennustarkastuksesta on laadittava laitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus. Tarkastustodistuksessa tulee esittää kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmä ja selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Tarkastustodistuksen allekirjoittaa tarkastuksen tekijä. (Finlex. 1996)

4.9 Määräaikaistarkistus

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 517 mukaan luokan 1 sähkölaitteistolle tehdään määräaikaistarkistus 15 vuoden välein, jos kyseessä ei ole asuinrakennus. Luokan 2 sähkölaitteistolle määräaikaistarkistus suoritetaan 10 vuoden välein, jos kyseessä ei ole verkonhaltijan sähköverkko. Luokan 3 sähkölaitteistolle ja verkonhaltijan sähköverkoille määräaikaistarkistus suoritetaan 5 vuoden välein.

Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan, että sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet sekä sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirrustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä. Määräaikaistarkastuksessa varmistetaan myös, että sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

Määräaikaistarkastus toteutetaan pistokokeilla tai muilla soveltuvilla tavoilla.

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos ja luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille myös valtuutettu tarkastaja. Luokan 1 sähkölaitteistoille määräaikaistarkastuksen voi myös suorittaa sellainen henkilö, jolla on pätevyystodistus kyseisen laitteiston sähkötöiden johtamiseen. Luokan 1 sähkölaitteiston määräaikaistarkastuksen voi myös suorittaa sähköurakoitsija, joka on tehnyt sähköturvallisuuslain 12 §:n mukaisen ilmoituksen sähköturvallisuusviranomaiselle.

Määräaikaistarkastuksessa laaditaan tarkastuspöytäkirja, jossa ilmoitetaan tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet.

Tarkastuksen suorittaja allekirjoittaa tarkastuspöytäkirjan ja se annetaan sähkölaitteiston haltijan käyttöön. (Finlex. 1996)

5 Räjähdyksivaarallisten tilojen sähköasennukset

5.1 Suojamaadoitukset

Räjähdyksivaarallisessa tilassa on käytettävä TN-S-järjestelmää, jos asennukset ovat toteutettu TN-järjestelmää käyttäen. Suojajohtimen on yleensä kuljettava samassa putkessa tai kaapelissa virtajohtimien kanssa. Suojajohdin saa olla myös muullakin tavalla asennettuna, jos sitä käytetään esimerkiksi suojamaadoittamiseen sekä häiriösuojaukseen. Eristysresistanssi suoja- ja nollajohtimen välillä on mitattava ennen käyttöönottoa, jos käytetään TN-S-järjestelmää. Suoja- ja nollajohtimen erillään pysymistä sekä äärijohtimien ja suojajohtimen välistä eristystasoa suositellaan valvottavaksi siihen soveltuvalla mittauksella. Esimerkkinä voidaan mainita summavirtamittaukseen perustuva vikavirta- ja nollajohdintajärjestelmä.

TT-järjestelmässä, jossa on räjähdyksivaarallisessa tilassa käyttömaadoituselektrodista erillinen suojamaadoituselektrodi tulee käyttää vikavirtasuojakytkimiä, jos kyseessä on A-luokan tila, myös alle 50 V jännitteellisissä asennuksissa. Jos suojamaadoitus on toteutettu potentiaalintasaustajärjestelmän pisteeseen, jossa on vähintään kaksi yhteyttä maadoituselektrodiin ja käytetty jännite on enintään 50 voltia vaihtosähköllä ja 120 voltia tasasähköllä, niin vikavirtasuojakytkimiä ei vaadita.

IT-järjestelmän räjähdyksivaarallisissa tiloissa on käytettävä vähintään hälyyttävää maasulun valvontalaitetta standardin SFS 6000 mukaisesti, jos kyseessä on B-luokan tila. Nopeasti toimivaa maasulkulaukaisu laitetta vaaditaan A-luokan tiloihin. (SFS-Käsikirja 140. s. 290)

5.2 Potentiaalintasaukset

Räjähdyksivaarallisissa tiloissa toteutettavissa asennuksissa on käytettävä potentiaalintasausta. Potentiaalintasaustajärjestelmään tulee kytkeä kaikki jännittelle alttiit osat sekä muut johtavat rakenteet TN-, TT- ja IT-järjestelmissä.

Potentiaalintasaustajärjestelmään ei saa liittää nollajohdinta ja se voi koostua

suojaohjaimista, metallisista suojaputkista, metallisista kaapelivaipoista, teräslanka-ameerauksista sekä metallirakenteisista osista. Potentialitasausjärjestelmän liitokset tulee varmistaa niiden löystymistä vastaan.

Laitteita ja osia, jotka yhdistyvät suoraan tai ne on johtavasti yhdistetty metalliseen rakenteeseen tai putkistoon, joka on puolestaan yhdistetty potentiaalintasausjärjestelmään, ei tarvitse yhdistää erikseen potentiaalintasausjärjestelmään. Rakenteiden ja asennuksien osia, jotka ovat johtavia rakenteita, mutta eivät ole vaarassa jännitteen siirtymisestä niihin, kuten ovien ja ikkunoiden johtavat osat, ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään.

Rakenteeltaan luonnostaan vaarattomia metallikoteloisia laitteita ei tarvitse yhdistää potentiaalintasausjärjestelmään, jos sitä ei erikseen vaadita laiteohjeissa tai ne eivät ole alttiina staattisen sähkönpurkautumiselle.

Potentiaalintasausjärjestelmään ei tule kytkeä katodisuojausjärjestelmiä sisältäviä laitteita, ellei potentiaalinsuojajärjestelmää ole erikseen suunniteltu kyseisiä laitteita varten.

Ajoneuvojen ja kiinteiden rakenteiden väliset potentiaalintasaukset tulee myös huomioida ja ne saattavat vaatia erityisvaatimuksia esimerkiksi putkiliitosten osalta. (SFS-Käsikirja 140. s. 46)

5.3 Läpiviennit

Kaapelien läpivienneissä on käytettävä kaapelien läpivientitarvikkeita, jotka soveltuvat kyseiselle kaapelille. Kaapelien, jotka on kytketty Exe-laitteisiin, tulee täyttää suojausrakenteen ”e” vaatimukset ja niissä on oltava sopiva tiivisrakenne. Liitäntäkotelon kotelointiluokan IP54 tulee täyttyä läpivientien osalta ja niiden tulee myös täyttää standardin IEC 60079-0 vaatimukset mekaaniselta iskunkestävyydeltä.

Kotelointiluokan tiiveysvaatimuksen saavuttamiseksi voi olla tarpeellista käyttää tiivisteitä kaapelinläpiviennin ja kotelon välissä, esimerkiksi tiivistysaluslaattaa tai kierretiivistettä. Kierteelliset kaapeliläpiviennit, jotka on kierretty läpivientilaippoihin tai koteloihin, joiden vahvuus on vähintään 6 mm, eivät tarvitse lisätiivistystä

edellyttäen, että kaapeliläpiviennin akseli on kohtisuorassa läpivientilaipan tai kotelon pintaa vasten.

Myös mineraalieristeisillä tai metallivaippaisilla kaapeleilla, sopivilla tiivisteillä voidaan varmistaa vaaditut pintavälivaatimukset. (SFS-Käsikirja 140. s. 66)

Käyttämättömät läpivientiaukot, jotka on tarkoitettu kaapeleille tai asennusputkille tulee sulkea räjähdys-suojusrakenteiden vaatimukset täyttävillä sulkutulvilla, lukuunottamatta luonnostaan vaarattomia sähkölaitteita. Sulkutulpan tulee olla rakentaaltaan sellainen, että sen irroittaminen vaatii työkalun käyttämistä. (SFS-Käsikirja 140. s. 50)

Seinämissä olevat läpivientiaukot räjähdysvaarallisen ja vaarattoman tilan välillä tulee tiivistää käyttämällä esimerkiksi hiekkaa tai laastia, jotta voidaan varmistaa tilaluokan säilyttäminen ennallaan. (SFS-Käsikirja 140. s. 52)

6 Lämpöreleiden koestuslaitteisto

6.1 Exe-sähkömoottori

Exe-sähkömoottori on varmennetun rakenteen omaava sähkömoottori.

Varmennetussa rakenteessa räjähdys-suojaus on toteutettu siten, että normaalikäytössä ei esiinny kipinöintiä, valokaaria eikä kuumia pintoja, jotka voisivat sytyttää laitteen sisällä tai sen ulkopuolella olevan räjähdysvaarallisen ilmaseoksen. Varmennetussa rakenteessa ei ole estetty räjähtävän kaasuseoksen pääsyä laitteen sisään. Laitteen rakenteella ja muotoilulla pyritään estämään viat, jotka voivat aiheuttaa vuotovirtoja, ylilyöntejä, löysästä kosketuksesta aiheutuvaa kipinöintiä tai liian korkeita lämpötiloja.

Varmennetun rakenteen laitteisiin merkitään lämpötilaluokka T1 – T6 tai laitteen korkein pintalämpötila. Pintalämpötila tai lämpötilaluokka määritellään normaalikäytössä laitteen ulko- tai sisäpinnalta.

Exe-rakennetta käytetään myös valaisimissa, jakorasioissa, kytkentäkoteloissa ja muissa komponenteissa. (ST-kortti 51.83, 6)

6.2 Lämpörele

Lämpöreleitä käytetään sähkömoottorien suojauksessa. Lämpöreileillä suojataan sähkömoottoria liialliselta kuumentumiselta sekä ylivirralla.

Perinteisesti lämpöreleiden toiminta perustuu virran mittaukseen tai virran aiheuttamaan lämpenemiseen.

Lämpöreleet ovat kolminapaisia releitä, joissa olevien bi-metallielementtien läpi kulkee sähkömoottorin ottama virta. Virta lämmittää bi-metallielementtejä suoraan sekä välillisesti.

Ylikuormitustapauksissa tai syöttöjännitteen pienetyessä sähkömoottorin virta kasvaa yli lämpöreleessä asetetun virta-arvon. Sähkömoottorin ottaman virran ylittäessä lämpöreleen asetusarvon bi-metallielementit taipuvat hiljalleen ja lopulta irroittavat sähkömoottorin verkosta ja samalla vaihtaen apukoskettimien asentoa, joilla saadaan tilatietoa lämpöreleestä.

Lämpöreleen virta-asetus asetellaan sähkömoottorin nimellisvirran mukaan.

Lämpöreleitä käytetään yleensä kontaktorin kanssa, mutta myös erillisasentaminen on mahdollista. (ABB Oy, N.d.)

Lämpöreleet ovat alttiita osien kulumiselle sekä koskettimien yhteen hitsaantumiselle, mahdollisten valokaarien takia. Kulunut lämpörele saattaa toimia hyvin poikkeavasti uuteen lämpöreleeseen verrattuna. Kulunut lämpörele voi vika- tai normaalitilanteessa olla laukeamatta, laukaista liian nopeasti tai hitaasti laukaisukäyrään verrattuna. Lämpöreleet tulee koestaa määräajoin, jotta voidaan varmistaa niiden toiminta mahdollisissa vikatilanteissa.

6.3 Koestuslaitteiston hyväksynnät ja vaatimukset

Standardeissa ei ole vaatimuksia koestuslaitteiston kalibroinnin suhteen, mutta hyvän mittaustavan sekä mittaustarkkuuden johdosta koestuslaite on syytä kalibroida tietyn väliajoin, jotta voidaan varmistaa koestuslaitteen toimivuus.

Standardissa ei myöskään määritellä vaatimuksia koestuslaitteiston suhteen. Vaatimukset määräytyvät koestettavien lämpöreleiden arvojen perusteella.

Koestuslaitteen on kyettävä tuottamaan riittävä virta koestettavaan lämpöreleeseen koko koestamisessa vaadittavan ajan. Koestuslaitteen johdot on myös oltava riittävän suuria, jotta ne pystyvät siirtämään tarvittavan virran lämpöreleeseen.

6.4 Koestuslaitteen toiminta

Koestuslaitteen toiminta perustuu säädettävään muuntajaan, jonka avulla jännitettä alennetaan, jotta saavutetaan riittävä virta ilman, että muuntajan toisiopuolen teho ylittää ensiöpuolen tehon. Muuntajan toisiopuolen jännite, eli koestusjännite on vain muutamia voltteja, mutta virta on satoja ampeereja. Koestusvirta johdetaan muuntajan toisiopuolelta kontaktorin kautta koestettavan lämpöreleen bi-metallielementeille, jotka kytketään koestuksen aikana sarjaan.

Lämpöreleen apukoskettimilla ohjataan koestuslaitteen kontaktoria sekä koestuslaitteistossa olevaa digitaalista kelloa. Koestamisen aloituksessa kontaktori sulkeutuu ja digitaalinen kello alkaa laskemaan aikaa. Lämpöreleen laukeamishetkellä apukoskettimien avulla koestuslaitteiston kontaktori avataan sekä digitaalinen kello pysätetään, jotta saadaan selville lämpöreleen laukaisuaika.

7 Työn toteutus

Työn toteutus jaettiin neljään eri vaiheeseen. Ensimmäisenä oli tarpeen selvittää taustatietoa, jotta työ pystyttiin toteuttamaan. Taustatietojen perusteella voitiin hankkia tarvittavat mittalaitteet ja suunnitella mittaaminen. Turvallisuuskäyttöön kiinnitettiin erityistä huomiota, koska opinnäytetyö koski räjähdysvaarallisella alueella olevia laitteita. Kaiken tämän jälkeen voitiin mittaaminen suorittaa.

7.1 Taustatiedon selvitys

Työ rajattiin Exe-tyypin sähkömoottoreihin, jotka sijaitsivat säiliöalueella ja siihen liittyvissä pumppaamoissa. Aluksi oli tarpeen selvittää kaikki alueella olevat sähkömoottorit ja mitkä niistä olivat Exe-tyypin sähkömoottoreita.

Työn alussa tutkin, milloin viimeksi lämpöreleet olivat koestettu. Säiliöalueen Exe-tyyppin sähkömoottorit olivat viimeksi koestettu 1993 – 2001 välisenä aikana, joten uuden määräaikatarkistuksen ajankohta oli tarpeellinen.

Sähkömoottoreita oli yhteensä 51 kappaletta, joista 34 kappaletta oli Exe-tyyppin sähkömoottoreita (ks. liite 1). Sähköisten ominaisuuksien selvittäminen toteutettiin sähkömoottorien kilpitiedoista ja Exe-moottoreissa olevasta erillisestä kilvestä, joka kertoo kyseisen sähkömoottorin t_E -ajan.

Sähkömoottorien syöttökaapeleihin liitetyistä kilvistä sai selville sähkömoottoria syöttävän sähkökeskuksen ja kyseisen sähkömoottorin lähdön. Sähkökeskus ja lähdöt varmistettiin vielä uusimmista sähkökuvista mahdollisten muutosten varalta.

Sähkökeskuksissa olevat lämpöreleet sain tutkittua sähkökuvista, mutta ne oli tarpeen selvittää myös paikanpäältä, jotta saatiin lämpöreleiden virta-asettelut selville sekä varmistettua, että ne vastasivat sähkömoottorin nimellisvirtaa.

Jokaiselle lämpöreleelle piti selvittää laukaisukäyrä (ks. liite 2), jonka avulla saatiin tietoon lämpöreleen laukaisuaika sähkömoottorin käynnistysvirtakertoimen funktiona. Laukaisuaikaa verrattiin sähkömoottorin t_E -aikaan, laukaisuajan pitää olla lyhyempi kuin sähkömoottorissa ilmoitetun t_E -ajan, kolmen sähkömoottorin tapauksessa lämpöreleen laukaisuaika oli asetteluarvon perusteella kuitenkin 1 – 2.5 sekuntia pidempi kuin t_E -aika. Tämä jätettiin kuitenkin huomioimatta tässä vaiheessa, koska todellinen laukaisuaika selviää vasta mittaamalla.

Aineistoa pidettiin luotettavana mittausten suorittamiseen, koska se oli kerätty valmistajan ilmoittamista arvoista. Aineiston keräämisen osalta tärkeimmät tiedot olivat Exe-tyyppin sähkömoottoreiden ja lämpöreleiden nimellisarvot sekä lämpöreleiden laukaisukäyrät, joista voitiin lukea laukaisuaika. Standardin mukaan lämpöreleen laukaisuajan on vastattava ± 20 % tarkkuudella laukaisukäyrästä luettua arvoa. (SFS 604-2. s. 59)

7.2 Mittausten suunnittelu

Saatujen taustatietojen perusteella voitiin mittaamista alkaa suunnittelemaan.

Lämpöreleen koestusvirta on sama kuin sähkömoottorin käynnistysvirta ja suurin

näistä arvoista oli 417,6 ampeeria. Kyseisen sähkömoottorin t_E -aika oli 8 sekuntia, joten lämpöreleen koestuslaitteen on pystyttävä tuottamaan yli 417,6 ampeeria vähintään 8 sekunnin ajan. Lämpöreleen koestuslaitteeksi valittiin alihankkijalta Megger CSU600AT, joka pystyi tuottamaan 600 ampeerin testausvirran 20 sekunnin ajaksi (ks. kuvio 3). Koestuslaitteisto oli testattu ja kalibroitu viimeksi 2.10.2014 Megger Sweden AB:n toimesta.



Kuvio 3. Megger CSU600AT koestuslaite

Mittaamiseen valittiin myös toinen lämpöreleiden koestuslaitteisto, joka soveltui paremmin pienempien lämpöreleiden koestamiseen tarkemman asettelun takia.

Kyseinen koestuslaite oli AVO SITS-120, joka pystyi tuottamaan maksimissaan 120 ampeerin testausvirran (ks. kuvio 4). Kyseinen koestuslaite oli viimeksi testattu ja kalibroitu 16.7.2015 Megger Sweden AB:n toimesta.



Kuvio 4. AVO SITS-120 koestuslaite

Mittauksissa päätettiin käyttää myös ulkoisia virtamittareita, mittaustarkkuuden parantamiseksi. Mittauksissa käytettiin kolmea eri pihtivirtamittaria. Multi AC/DC Clamp Meter 240 pihtivirtamittarin alue oli 0 – 200 ampeeria, kyseinen mittari oli uusi, joten luotimme sen tehdaskalibrointiin ja sen avulla tarkastimme kaksi muuta mittaria. Fluke 41 Power harmonics analyzer ja Heme 1000 pihtivirtamittarit olivat olleet käytössä tehdasalueella jo useita vuosia, mutta antoivat samoja tuloksia kuin Multi AC/DC Clamp Meter 240, joten luotimme niiden mittaustuloksiin.

Ennen mittausten aloittamista suunniteltiin vielä yhdessä käyttöhenkilökunnan kanssa sopiva ajankohta mittaamiselle, jottei kolmen eri voimalaitoksen prosessit häiriinny koestamisen seurauksena. Useat pumpput olivat varmennettuja, eli kahdella eri pumpulla pystyi pumpppaamaan prosessiin, joten mittausten aikana toinen pumpppu jätettiin aina prosessiin käyttöön, kun toisen pumpun sähkömoottorin lämpörelettä koestettiin. Kevyt öljypumpuissa tämä ei ollut mahdollista, joten käyttöhenkilökunnan kanssa oli sovittava tarkkaan milloin kyseisten pumpppujen sähkömoottorien lämpöreleet pystyi koestamaan, koska tämä tarkoitti sitä, että voimalaitoksen öljypolttimia ei pystynyt käyttämään koestamisen aikana.

7.3 Mittaus turvallisuus

Mittausten aikana turvallisuus asiat otettiin hyvin tarkasti huomioon. Kuten tehdasalueilla on tyypillistä ennen työn aloittamista oli hankittava työlupa kyseiseen kohteeseen, jossa eriteltiin tarvittavat toimenpiteet turvallisuuden kannalta, jotta työ voitiin suorittaa. Työ piti myös suorittaa yhteistyössä käyttöhenkilökunnan kanssa.

Kyseessä oli vaarallisten ja palavien aineiden pumpppaamoissa sijaitsevia sähkömoottoreita, eli Ex-tiloissa sijaitsevia sähkömoottoreita. Pumpppaamoiden ilmanvaihtokoneistojen sähkömoottorien lämpöreleitä koestettaessa oli tarpeen avata pumpppaamoiden ovet, jotta voitiin minimoida räjähdysvaarallisen ilmaseoksen todennäköisyys pumpppaamoissa.

Lämpöreleet piti irroittaa keskuksista koestamisen ajaksi, joten sähköiseen turvallisuuden oli myös kiinnitettävä huomiota. Työkalujen osalta varmistettiin, että ne soveltuvat sähkötöihin. Ennen lähdön avaamista varmistettiin sähkökuvista, että tuleeko lähtöön vierasta ohjausjännitettä, joka ei katkea pääkatkaisijasta. Lähtö tehtiin aina jännitteettömäksi ennen avaamista ja jännitteettömyys varmistettiin mittaamalla. Kun mittaukset saatiin suoritettua ja lähtö oli tehty takaisin jännitteelliseksi ilmoitettiin vielä prosessinhoitajalle, että pumpppu oli taas prosessin käytettävissä.

7.4 Mittaaminen

Mittaamista varten tein koestusohjeen (ks. liite 3), jota seuraamalla työ pystyttiin suorittamaan turvallisesti. Kun keskuksessa oleva lähtö oli tehty jännitteettömäksi ja jännitteettömyys oli varmistettu mittaamalla. Ennen lämpöreleen irrottamista siihen tulevat johtimet merkittiin, jotta lämpörele saatiin kytkettyä takaisin samalla tavalla kuin se olikin. Lämpörele vietiin sähkökunnossapito-osastolle koestamista varten. Ennen koestamista lämpöreleen annettiin jäähtyä 20 °C lämpötilaan, jotta mittaustulos oli vertailukelpoinen lämpöreleen laukaisukäyrän kanssa. Lämpöreleen eri vaiheet kytkettiin sarjaan mittauksen ajaksi, jolloin mittausvirta kulki kaikkien bimetalliliuskojen läpi. Kun lämpörele oli kytketty koestuslaitteeseen, koestusvirta aseteltiin pihtivirtamittarin avulla sähkömoottorin käynnistysvirran suuruiseksi. Asettelyn jälkeen lämpöreleen annettiin jäähtyä takaisin huoneenlämpötilaan. Koestuslaite sai laukaisutiedon lämpöreleen apukoskettimilta, jolloin kello pysähtyi. Jokaiselta lämpöreleeltä kirjattiin mittausvirta ja laukaisuaika mittauspöytäkirjaan. Mittauksen jälkeen lämpörele palautettiin takaisin lähtöön ja lähtö tehtiin jännitteelliseksi. Tämän jälkeen ilmoitettiin vielä prosessinhoitajalle, että kyseinen pumppu on taas prosessin käytettävissä.

8 Työn tulokset

Työn tuloksena saatiin kattava lista säiliöalueen pumppaamoissa sijaitsevista varmennetun rakenteen sähkömoottoreista (ks. liite 1). Lista pitää sisällään tiedot sähkömoottorien valmistajista, sähkömoottori tyypeistä, sähköisistä nimellisarvoista ja t_E -ajoista. Lämpöreleiden osalta listattiin valmistaja, malli, minimi- ja maksimi alue sekä asetteluarvo. Jokaiselle lämpöreleelle etsittiin myös kyseistä lämpörelettä vastaava laukaisukäyrä (ks. liite 2), joka ilmoittaa lämpöreleen laukaisuaajan sähkömoottorin käynnistysvirtasuhteen funktiona. Työn aikana oli myös tarpeen tehdä koestusohje (ks. liite 3) sekä koestuspöytäkirja tulevia koestuksia varten.

Työn tuloksena saatiin myös tietoa suojauksen tämän hetkisestä kunnosta. Koestimme 34 lämpörelettä, 23 kappaletta täyttivät standardeissa vaaditut ehdot, jotta ne soveltuvat Exe-tyyppisten sähkömoottorien ylivirtasuojiksi (ks. liite 4). 11:sta

hylätystä lämpöreleestä 8:n lämpörelettä toimi liian nopeasti verrattuna laukaisukäyrän aikaan, yksi lämpörele toimi liian hitaasti verrattuna laukaisukäyrän aikaan ja kaksi lämpörelettä ei toiminut ennen vaadittua t_E -aikaa. (SFS 604-2. s. 46 ja 59)

Kaikki lämpöreleet kytkettiin takaisin moottorilähtöihin, jotta prosessi ei häiriintynyt. Ekokem Oyj:n omasta sähkötarvikevarastosta ei löytynyt kriteerit täyttäviä lämpöreleitä, joilla olisi voinut korvata ne 11:sta lämpörelettä, jotka eivät täyttäneet standardien vaatimuksia. Ekokem Oyj:n sähköurakoitsija vaihtaa kyseiset lämpöreleet uusiin, jotta kokonaiskytkennät vastaavat standardien vaatimuksia. Uusia lämpöreleitä ei koestettu ennen niiden asentamista vaan luotettiin tehdaskoestukseen.

Koestamisen korkea hylkäys prosentti ei tullut suurena yllätyksenä, koska edellisen kerran säiliöalueen Exe-tyyppin sähkömoottorien lämpöreleet on koestettu 1993 – 2001 välisenä aikana. Korkeasta hylkäysprosentista johtuen kaikki tehdasalueen lämpöreleet, pois lukien uudet sähköasennukset, koestetaan, jotta voidaan varmistaa, että kaikki Exe-tyyppin sähkömoottorit ja niiden sähkökytkennät noudattavat standardeja.

Työn ohessa huomattiin myös muita puutoksia. Viidestä lämpöreleestä, jotka läpäisivät standardin vaatimukset laukaisujan suhteen, oli kosketussuojia rikki. Kolmesta keskuslähdestä puuttui merkintä vieraasta ohjausjännitteestä, joka ei katkea kyseisen lähdön pääkytkimestä.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli varmistaa vaarallisten aineiden pumppaamoiden turvallisuus sähkömoottoreiden ylikämpenemisen osalta. Työn tavoitteisiin päästiin ja kaikki mittaukset saatiin suoritettua turvallisesti.

Alkuun pääseminen oli haastavaa, koska en ollut ennen tutustunut Exe-sähkömoottoreiden suojausvaatimuksia koskevaan standardiin. Suojausvaatimukset ovat lämpöreleiden osalta tarkemmat verrattuna tavallisten sähkömoottorien lämpöreleisiin. Standardin opettelemisessa ja tarvittavan lähtötiedon keräämisessä

meni aikaa kolme viikkoa, johtuen hyvin vanhasta dokumetaatiosta, johon ei voinnut luottaa täydellä varmuudella vaan kaikki oli selvitettävä paikan päältä. Koestamisessa ei mennyt kuin neljä päivää. Prosessin vaatimukset hidasti koestamisen suorittamista ja yhden päivän aikana pystyi koestamaan noin kymmenen lämpörelettä.

Tuloksena saatiin selvitettyä yllämpenemissuojauksen toimivuus vaarallisten aineiden pumppaamoissa ja Ekokem Oyj:n sähköurakoitsija vaihtoi lämpöreleet, jotka eivät täyttäneet standardin vaatimuksia uusiin, jotka täyttivät tarvittavat vaatimukset. Uusia lämpöreleitä ei koestettu uudelleen vaan luotettiin tehdaskoestukseen.

Työssä onnistuttiin luotettavasti mittaamaan lämpöreleiden laukaisuaajat, mittaus pohjautui täysin standardissa vaadittuun mittaustapaan. Mittausten luotettavuutta lisäsi myös koestuslaitteiden kalibrointi, pienempi tehoinen koestuslaite oli kalibroitu 5 viikkoa ennen koestuksen suorittamista ja suurempi tehoinen koestuslaite oli kalibroitu 10 kuukautta ennen koestuksen suorittamista. Koestusvirrat myös varmistettiin ulkoisilla virtamittareilla, joista yksi yli uusi, joten luotimme sen tehdaskalibrointiin ja sen avulla varmistimme myös muut virtamittarit.

Mittausten laatuun myös vaikutti koestuslaitteen asettelu lämpöreleen virta-arvolle, asettelu piti suorittaa mittausten ollessa käynnissä, jolloin lämpörele lämpeni ja tämä vaikutti tuloksiin. Pyrimme mittaamaan aina saman nimellisarvon omaavat lämpöreleet peräkkäin, jolloin yksi asettelu riitti kaikille näille lämpöreleille. Ennen varsinaista mittausta lämpöreleet jäähdytettiin 20 °C lämpötilaan paineilman avulla, jotta mittaustulokset olivat vertailukelpoiset lähdeaineiston kanssa.

Työn tuloksien ja korkean hylkäysprosentin johdosta, alueen kaikki Exe-sähkömoottorien lämpöreleet aiotaan testata, pois lukien uudet sähköasennukset. Tätä työtä ja sen tuloksia käytetään pohjana tulevien mittausten suunnittelussa ja suorittamisessa.

Jatkon kannalta kehittämislistalla on myös määräaikatarkistusten välin lyhentäminen ja koestuksien ryhmittäminen alueellisesti tietyn aikavälin mukaan.

Lähteet

Dio koulutus. 2014. ATEX – räjähdysvaaralliset tilat. PDF-tiedosto. Viitattu 2.12.2015.

http://dio.fi/wp-content/uploads/2014/10/ATEX_ATEX-apulaitteet_ATEX-p%C3%A4tevyys.pdf

EUR-Lex. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/34/EU. PDF-tiedosto. Viitattu 20.2.2016.

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2014_096_R_0309_01&from=EN

Finlex. 1996. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. Viitattu 20.2.2016

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>

IP-luokitus. Harsia, P. 2005. Artikkelin Virtuaali ammattikorkeakoulu sivustolta. Viitattu 20.2.2016.

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1133959973706/1133960605288/1133961558641/1133961579677.html>

Kauppila, J., Tiainen, E. & Ylinen, T. 2009. Sähköasennuksia 3. Espoo. Sähköinfo Oy.

Lämpöreleet. N.d. Artikkelin ABB Oy:n sivustolta. Viitattu 8.1.2015.

<http://www.abb.fi/product/seitp329/3a6d410be311cdfec1256ffe00467f2c.aspx>

SFS-Käsikirja 59. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 1998. Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. 4. painos. Helsinki. SFS. Viitattu 4.12.2015.

SFS-Käsikirja 140. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2004. Räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennukset. 2. painos. Helsinki. Kyriri Oy. Viitattu 5. 1.2016.

SFS-Käsikirja 604-2. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2009. Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastus ja huolto. 1. painos. Helsinki. SFS. Viitattu 7.11.2015.

ST 51.81. Sähkötieto ry. 2008. Räjähdysvaarallisten tilojen tunnistaminen ja sähkölaitteistojen tarkastukset polttoaineen jakeluasemilla. Sähköinfo Oy. Espoo. Viitattu 2.12.2015.

ST 51.83. Sähkötieto ry. 2014. Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Sähköinfo Oy. Espoo. Viitattu 3.12.2015.

Tukes. 2012. Lisätietoa ATEX-direktiivistä. Viitattu 20.2.2016.

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/Lisatietoa-ATEX-direktiivista/>

Tukes. 2015. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus – opas. PDF-tiedosto. Viitattu 2.12.2015.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/vaaralliset_aineet/esitteet_ja_opaat/ATEX_opas.pdf

VTT, N.d. ATEX Direktiivi. PDF-tiedosto. Viitattu 4.12.2015.

<http://www.labkotec.fi/sites/default/files/Atex-esite.pdf>

Liitteet

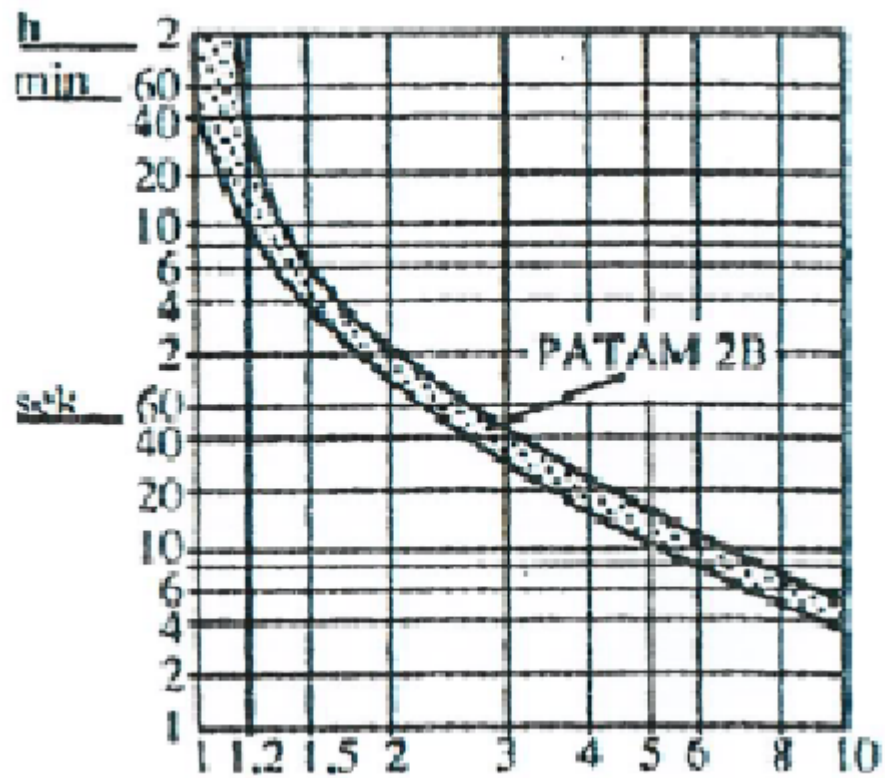
Liite 1. Exe tyyppin sähkömoottori ja lämpörele luettelo

#	Sijainti	Nimi	Positio	Keskus / Lähtö
1	Pumppaamo 5A	Jäteöljyn pumppu	MPU 301	12K1001
2	Pumppaamo 5A	Öljyisen veden siirtopumppu	MPU 304	12K1003
3	Pumppaamo 5A	Kiertoilmakoje	5KK-1	5-JV01-W1216
4	Pumppaamo 5A	Poistoilmapuhallin	5PF-1	5-JV01-W1210
5	Pumppaamo 5B	Jäteöljyn siirtopumppu	MPU 316	12K1107
6	Pumppaamo 5B	Liuotin pumppu	MPU 324	12K1002
7	Pumppaamo 5B	Kiertoilmakoje	5KK-2	5-JV01-W1217
8	Pumppaamo 5B	Kiertoilmakoje	5KK-3	5-JV01-W1218
9	Pumppaamo 5B	Poistoilmapuhallin	5PF-2	5-JV01-W1211
10	Pumppaamo 5B	Poistoilmapuhallin	5PF-3	5-JV01-W1212
11	Pumppaamo 5C	Liuottimen siirtopumppu	MPU 310	12K1101
12	Pumppaamo 5C	Glykolikiertopumppu D32-323-2A	MPU 321	5-JV01-W1222
13	Pumppaamo 5C	Glykolikiertopumppu D32-323-2B	MPU 322	5-JV01-W1223
14	Pumppaamo 5C	Kevytöljy pumppu 1	MPU 402	21K0904D
15	Pumppaamo 5C	Kevytöljy pumppu 2	MPU 403	22K0604A
16	Pumppaamo 5C	Kiertoilmakoje	5KK-4	5-JV01-W1219
17	Pumppaamo 5C	Poistoilmapuhallin	5PF-4	5-JV01-W1213
18	Pumppaamo 5D	Ekoöljyn siirtopumppu	MPU 307	12K1006
19	Pumppaamo 5D	Liuotin pumppu	MPU 308	12K1007
20	Pumppaamo 5D	Sekoitet. Liuottimien siirtopumppu	MPU 311	12K1102
21	Pumppaamo 5D	Sekoitet. Liuottimien siirtopumppu	MPU 312	12K1103
22	Pumppaamo 5D	Kiertoilmakoje	5KK-5	5-JV01-W1220
23	Pumppaamo 5D	Poistoilmapuhallin	5PF-5	5-JV01-W1214
24	Pumppaamo 5E	Jäteöljyn siirtopumppu	MPU 306	12K1005
25	Pumppaamo 5E	Kiertoilmakoje	5KK-6	5-JV01-W1221
26	Pumppaamo 5E	Poistoilmapuhallin	5PF-6	5-JV01-W1215
27	Pumppaamo 5F	Liuottimen siirtopumppu	MPU 325	12K0803
28	Pumppaamo 5F	Liuottimen siirtopumppu	MPU 326	12K0804
29	Pumppaamo 5F	Kiertoilmakoje	5KK-7	5-JV01-W1226
30	Pumppaamo 5F	Poistoilmapuhallin	5PF-7	5-JV01-W1224
31	SÄ322 päällä	Halogeeniliuottimen sekoitin	MSE 301	12K0903
32	SÄ323 päällä	Liuottimien sekoitin	MSE 302	12K0904
33	Säiliön 2A päällä	Jäteöljysäiliön 2A sekoitin	MSE 303	12K1605
34	Säiliön 4A päällä	Öljyisen veden varastos. 4A sekoitin	MSE 313	12K1606

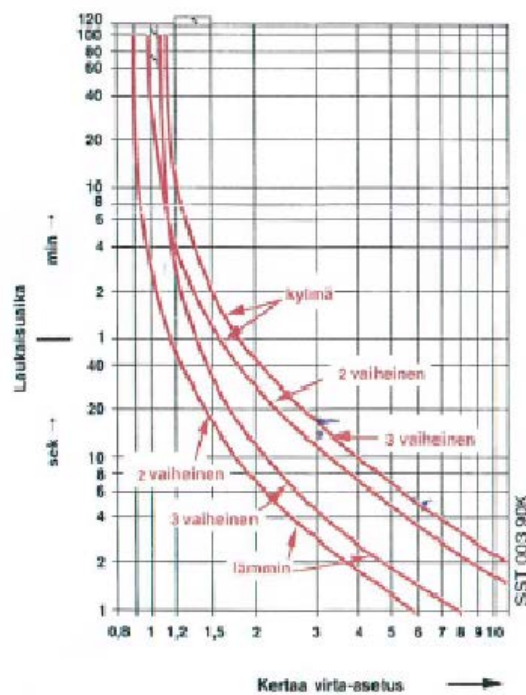
#	Moottorin leimausarvot						Te [S]
	Valmistaja	Malli	Pn [kW]	Un [V]	In [A]	Is / In	
1	Strömberg	HXUR/E 405A2 EExe II T3 B3	27	380	52	7,1	6
2	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B3	5,5	380	11	6,5	10
3	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
4	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
5	Strömberg	HXUR/E 408A2 EExe II T3 B3	30	380	58	7,2	8
6	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B3	5,5	380	11	6,5	10
7	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
8	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
9	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
10	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
11	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B3	5,5	380	11	6,5	10
12	Loher	eA63b Exe	0,25	380	0,75	4,8	25
13	Vem motors	KPER 112 M2H	3,3	380	6,9	7,7	11
14	Vem motors	K11R 132M 6 EExe T3	4,4	400	7,5	6,2	20
15	Vem motors	K11R 132M 6 EExe T4	4,4	400	7,5	6,2	20
16	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
17	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
18	Strömberg	HXUR/E 405A2 EExe II T3 B3	27	380	52	7,1	6
19	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B4	5,5	380	11	6,5	10
20	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B6	5,5	380	11	6,5	10
21	Strömberg	HXUR/E 265A2 EExe II T3 B5	5,5	380	11	6,5	10
22	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
23	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
24	Strömberg	HXUR/E 365A2 EExe II T3 B3	15	380	29,5	5,8	9
25	ASEA	MT 71A14-6	0,18	380	0,9	2,5	49
26	Elmo	QS 71/SL-4-3-XHT3	0,16	380	0,6	3	20
27	ABB	HXA132S MD 4 Eexe II T3 B3	5,5	380	11,5	6,2	8
28	ABB	HXA132S MD 4 Eexe II T3 B4	5,5	380	11,5	6,2	8
29	Loher	ENCV-071BG-06A	0,18	380	0,74	2,8	50
30	VEB Eletrom.	KMERB 63 IC4 288	0,12	380	0,45	3,1	35
31	ASEA	MBT 160 M	15	380	22	7,7	8
32	ASEA	MBT 160 M	15	380	22	7,7	8
33	ABB	M3AAL 112 M-4	4	380	8,9	6,9	12
34	ABB	M3AAL 112 M-4	4	380	8,9	6,9	12

#	Kontaktori	Lämpörele		Asetusalue	
		Malli	Asetusarvo	Min	Max
1	ABB A75 (CA5-31M)	ABB TA 75 DU V1000	50	36	52
2	Strömberg Okym 1 W 32	Strömberg Patam 1 D 12	11	9	12
3	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,88	0,8	1,2
4	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
5	Strömberg 63 W 22	Patam 2B 63	57,5	45	63
6	Strömberg Okym 1 W 32	Patam 1 D 12	11	9	12
7	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,89	0,8	1,2
8	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,89	0,8	1,2
9	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
10	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
11	Strömberg 1 W 32	Strömberg Patam 1 D 12	11	9	12
12	Strömberg Okym 0 W 32	Patam 1 D 0,9	0,76	0,6	0,9
13	Strömberg Okym 1 W 32	Patam 1 D 8	7	5,6	8
14	ABB A40 (CA5)	ABB TA 25 DU	7,5	6	8,5
15	ABB A40 (CA5)	ABB TA 25 DU	7,5	6	8,5
16	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
17	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
18	ABB A 75 (CA5-31M)	ABB TA 75 DU V1000	50	36	52
19	Strömberg Okym 1 W 32	Strömberg Patam 1 D 12	11	9	12
20	Strömberg Okym 1 W 32	Strömberg Patam 1 D 12	11	9	12
21	Strömberg Okym 1 W 32	Strömberg Patam 1 D 12	11	9	12
22	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
23	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
24	ABB A 40 (CA5-31M)	ABB TA 25 DU V1000	30	24	32
25	Strömberg Okym 0 W 32	Strömberg Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
26	Strömberg Okym 0 W 32	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
27	Strömberg OK1 / OKZA1	Strömberg Patam 1 K 12	11	9	12
28	Strömberg OK1 / OKZA1	Strömberg Patam 1 K 12	11,4	9	12
29	Strömberg OK 1 / OKZA 1	Strömberg Patam 1 K 0,9	0,72	0,6	0,9
30	Strömberg OK 1 / OKZA 1	Strömberg Patam 1 K 0,5	0,45	0,34	0,5
31	Strömberg Okym 2 W 22	Strömberg Patam 2B 25	22	18	25
32	Strömberg Okym 2 W 22	Strömberg Param 2B 25	22	18	25
33	ABB Cal 5-11	ABB TA 25 DU	9	7,5	11
34	ABB A12	ABB TA 25 DU	9	7,5	11

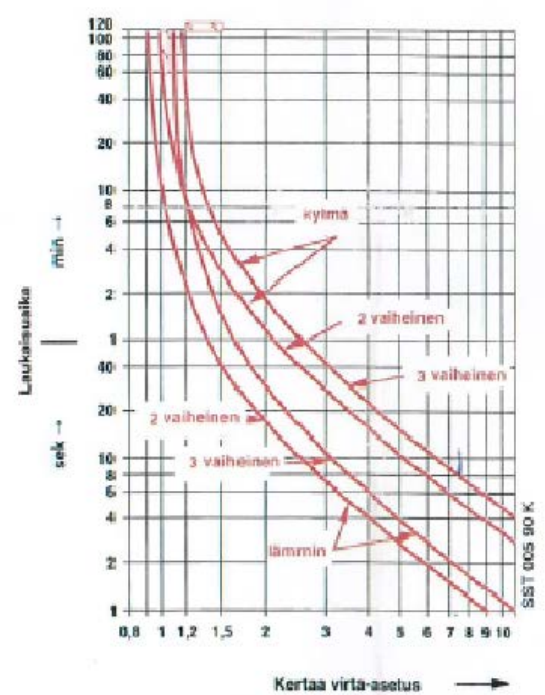
Liite 2. Työssä käytetyt lämpöreleiden laukaisukäyrät ja -taulukot



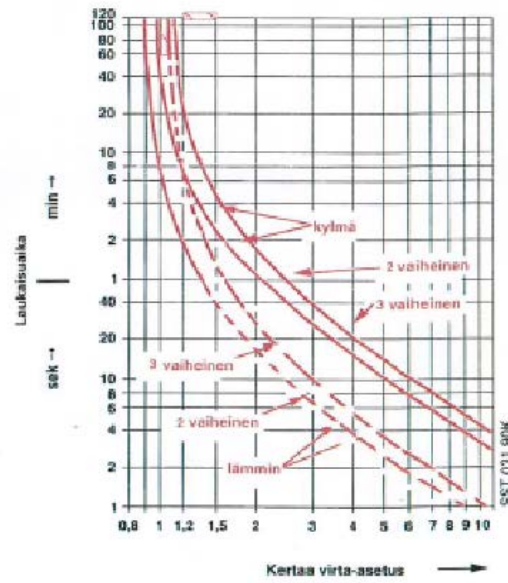
T 25 DU



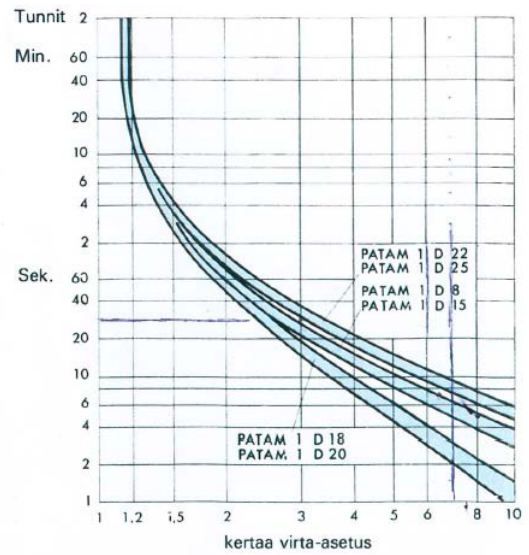
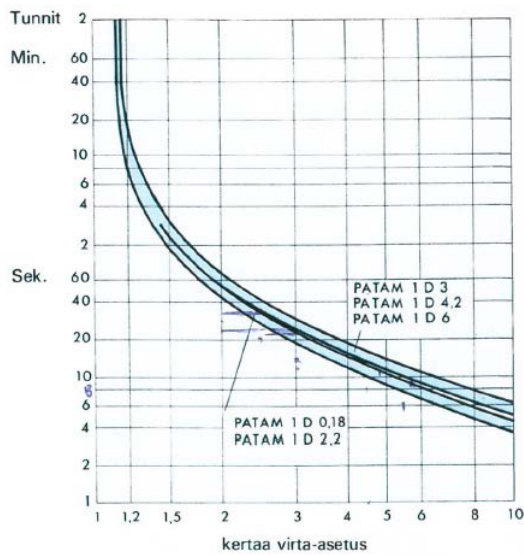
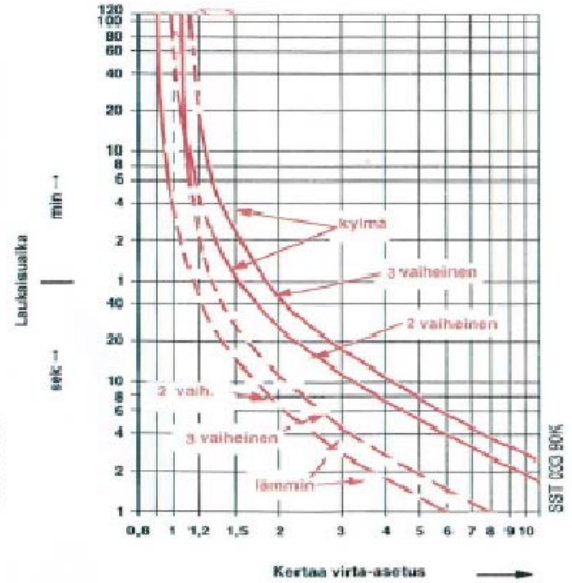
T 75 DU / T 80 DU



T 100 DU/T 135 DU/T 200 DU



T 450 DU / T 900 DU



Lämpöreleet T25 DU_V1000...T900 DU_V1000

Heleén valinta moottorikäyttöön suojausluokassa e

Lämpöreleiden valinta moottorikäyttöön suojausluokassa e .

Laukaisuaajat ovat riippuvaisia asetteluvirran kerrannaisesta lähettäessä kylmästä tilasta (poikkeama $\pm 20\%$ laukaisuaajasta).

Asettelualue		Lämpöreleiden laukaisuaajat asetteluvirran kerrannaisena																
A	A	2 s	2,5 s	3 s	3,5 s	4 s	4,5 s	5 s	5,5 s	6 s	6,5 s	7 s	7,5 s	8 s	8,5 s	9 s	9,5 s	10 s

Lämpöreleet T25 DU_V1000

0,1 ... 0,16	40	23	16,2	12,1	9,7	8,1	7	6,1	5,6	5,0	4,6	4,2	4	3,7	3,5	3,4	3,2
0,16 ... 0,25	44	25	18	13,6	11	8,9	7,8	6,8	6,2	5,6	5,1	4,7	4,5	4,2	4	3,8	3,6
0,25 ... 0,4	40	23,6	16	12,5	10	8,2	7	6,2	5,6	5,2	4,9	4,2	3,8	3,6	3,4	3,2	3
0,4 ... 0,63	41,2	24,3	16,9	12,8	10,3	8,5	7,4	6,4	5,7	5,3	4,9	4,4	4,1	3,8	3,6	3,4	3,2
0,63 ... 1,0	41,4	23,8	16,9	12,8	10,3	8,7	7,4	6,6	5,9	5,3	4,9	4,5	4,2	3,9	3,6	3,4	3,3
1,0 ... 1,4	42,3	24,3	16,9	12,8	10	8,2	7,2	6,2	5,7	5,1	4,7	4,3	4,0	3,8	3,5	3,3	3,1
1,3 ... 1,8	46	27,1	18,9	14,7	11,6	9,7	8,2	7,4	6,6	5,9	5,3	5,0	4,5	4,2	4	3,7	3,5
1,7 ... 2,4	48,6	27,9	19,5	15,6	12,1	10	8,5	7,7	6,8	6,2	5,6	5,1	4,7	4,5	4,2	4,0	3,7
2,2 ... 3,1	44,7	25,7	17,9	14,3	10,9	9,2	7,8	7,0	6,2	5,7	5	4,8	4,5	4,2	4	3,8	3,6
2,8 ... 4,0	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
3,5 ... 5,0	43,5	24,3	16,9	12,8	10	8,5	7,0	6,2	5,6	5,0	4,6	4,2	3,9	3,6	3,4	3,2	3
4,5 ... 6,5	43,5	24,3	16,9	12,8	10	8,2	7,0	6,2	5,6	5,0	4,5	4,2	3,8	3,6	3,4	3,2	3
6,0 ... 8,5	40	22,4	15,3	11,5	8,9	7,4	6,2	5,4	5	4,4	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6	2,5
7,5 ... 11	41,2	22,4	15,2	11,5	8,9	7,2	6,2	5,4	4,9	4,3	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6	2,5
10 ... 14	38,9	21,7	14,7	11,2	8,7	7,4	6,1	5,3	4,9	4,4	3,9	3,6	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6
13 ... 19	46	25	16,9	12,5	10	8,2	6,8	5,9	5,1	4,6	4,2	3,7	3,4	3,2	3	2,8	2,6
18 ... 25	48,6	26,4	18,4	14	10,9	8,9	7,4	6,6	5,7	5,3	4,6	4,2	3,9	3,6	3,4	3,2	2,9
24 ... 32	51,4	29,5	19,5	15,2	11,5	9,5	8	7,0	6,1	5,4	5	4,5	4	3,8	3,5	3,3	3,1

Lämpöreleet T100 DU_V1000, T135 DU_V1000, T200 DU_V1000

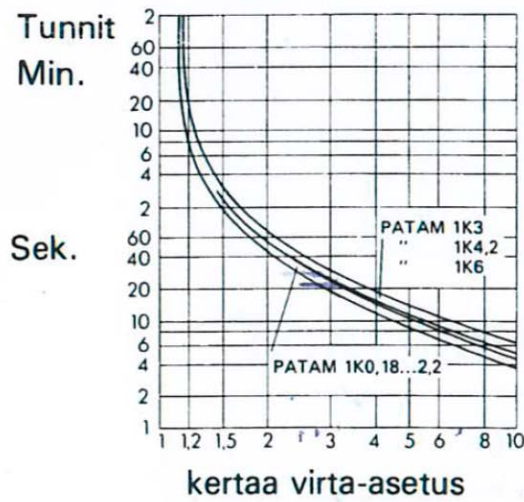
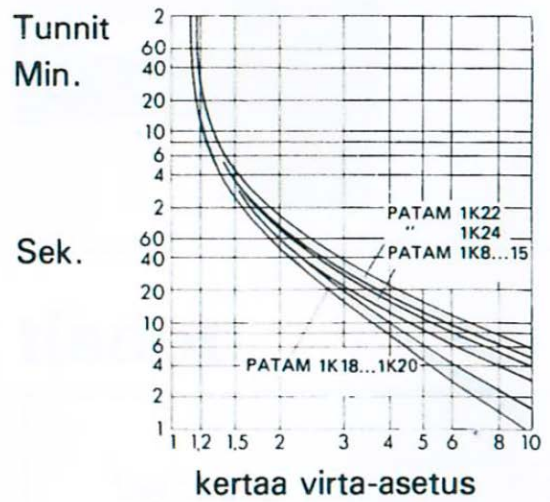
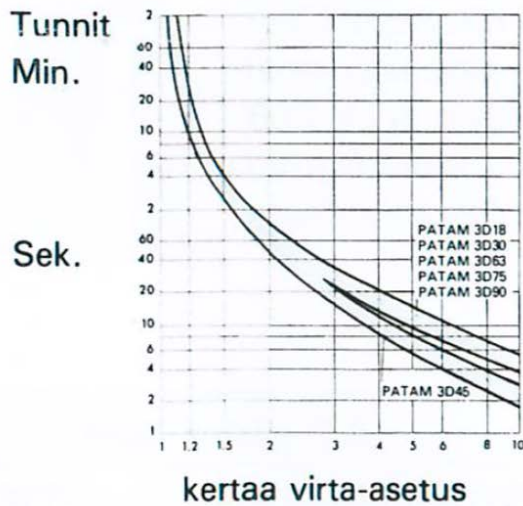
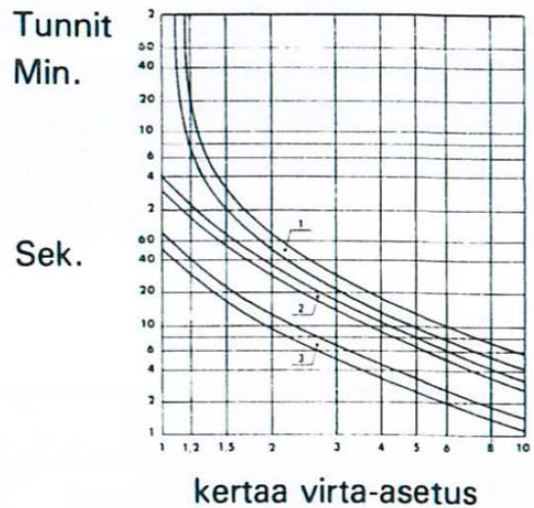
80 ... 100	119	54,6	33,5	23,7	17,8	14,1	12	9,7	8,4	7,5	6,5	5,8	5,3	4,7	4,3	4,1	3,8
65 ... 90	100	48,7	30,7	21,1	17,3	14,1	12	10,0	8,9	7,9	7,1	6,3	5,8	5,5	5,0	4,7	4,3
80 ... 110	119	54,6	33,5	23,7	17,8	14,1	12	9,7	8,4	7,5	6,5	5,8	5,3	4,7	4,3	4,1	3,8
100 ... 135	81,5	42,2	25,0	17,8	13,3	10,0	8,7	6,9	6,1	5,2	4,7	4,0	3,7	3,3	3,1	2,7	2,6
110 ... 150	92	50,0	31,6	20,0	16,6	12,6	10,6	8,4	7,5	6,3	5,8	5,0	4,5	4,1	3,7	3,3	3,1
130 ... 175	106	58,0	35,5	25,0	20,0	15,1	12,6	10,9	9,2	7,9	7,1	6,3	5,6	5,0	4,6	4,2	4,0
150 ... 200	134	65,0	42,2	30,7	24,4	20,0	16,6	13,7	12,2	10,6	9,2	8,2	7,3	6,7	6,1	5,6	5,2

Lämpöreleet T450 DU_V1000

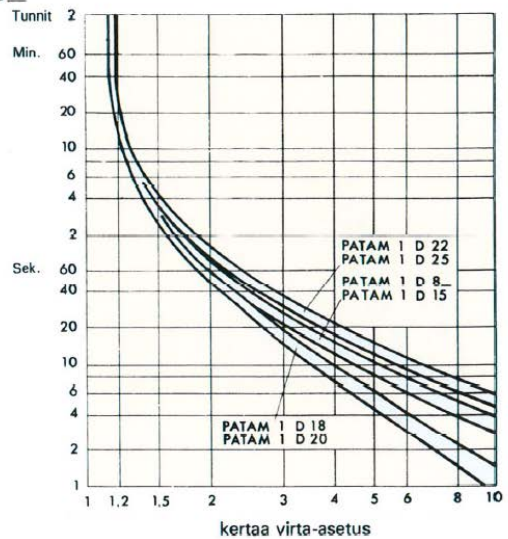
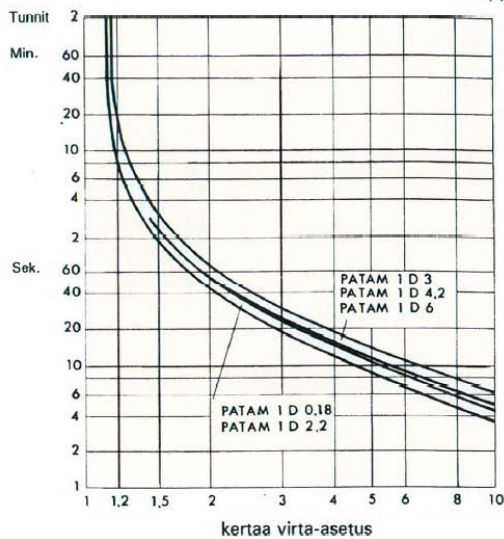
130 ... 185	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
165 ... 235	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
220 ... 310	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
285 ... 400	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5

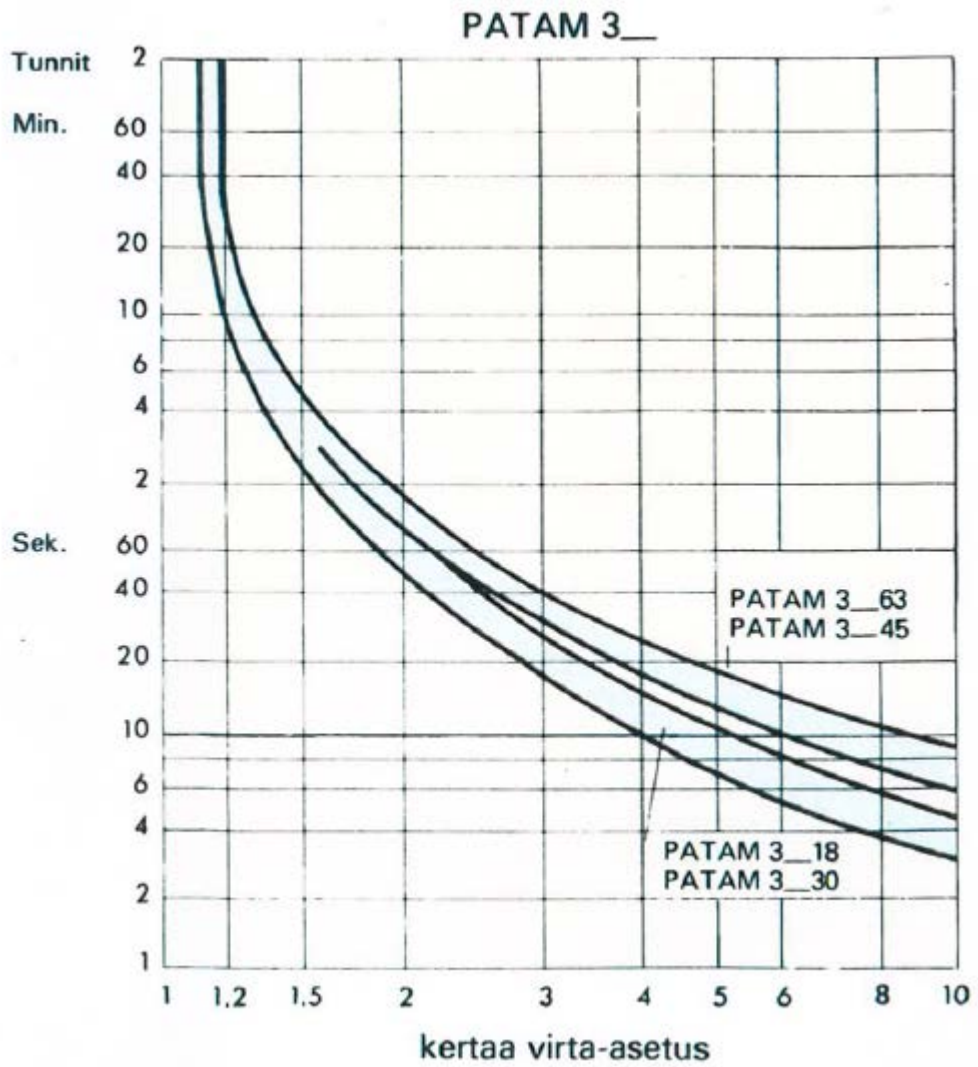
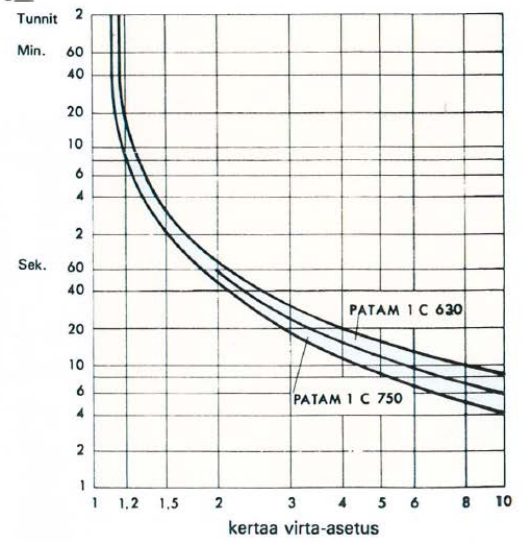
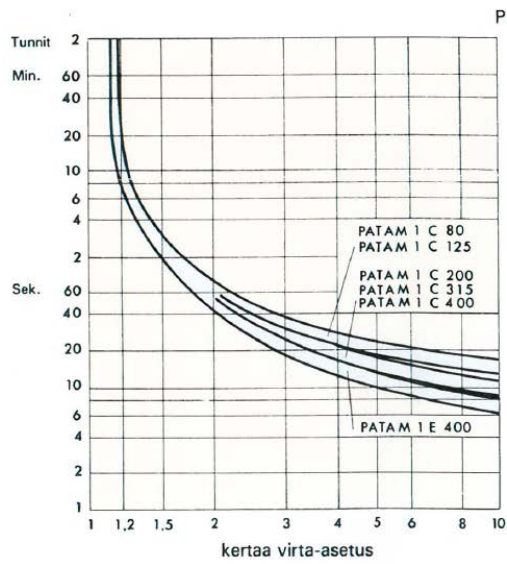
Lämpöreleet T900 DU_V1000

265 ... 375	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
355 ... 500	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
465 ... 650	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5
610 ... 850	43,5	24,3	17,1	13,2	10,6	8,9	7,6	6,6	6	5,4	5	4,7	4,4	4,1	3,9	3,7	3,5

PATAM 1 K__**PATAM 1 K__****PATAM 3__****Esimerkki**

Esimerkki PATAM 1 K 6:n
laukaisu käyristä

PATAM 1 D__



Lämpöreleiden koestus

1 TYÖN KULKU

Lämpöreleiden koestuksen voi jakaa seuraaviin vaiheisiin: työkalut, ilmoittaminen, irrottaminen, jäähtyminen, testaaminen ja takaisin kytkentä.

Työkalujen suhteen on varmistettava, että ne soveltuvat sähkötöihin ja esimerkiksi johtimien suhteen on varmistettava riittävä virran siirtokyky, jotta mittauksiksi ei tule virheitä.

Ilmoittamisella varmistetaan prosessinhoitajalta, ettei työaiheuta ongelmia prosessiin ja ettei kyseistä moottoria tarvita heti käyttöön. Prosessissa on useilla laitteilla myös varamoottori, joten tämä ei jokaisessa kohdassa aiheuta ongelmia prosessin säätöön, mutta esimerkiksi säiliöiden sekoittimia on vain yksi säiliötä kohden ja tämän takia on varmistettava, että koestus voidaan suorittaa prosessin näkökulmasta.

Irrotuksessa on huomioitava jännitteiden työskentely sekä varmistettava keskuksen / lähdön sähkökuvista ettei keskukseen / lähtöön tule vierasta ohjausjännitettä, mikä ei katkea pääkytkimestä. Ennen lämpöreleen irrottamista jännitteettömyys varmistetaan vielä siihen sopivalla mittarilla.

Kun keskus / lähtö on varmistettu jännitteettömäksi, merkataan lämpöreleen johtimet ennen niiden irrottamista, jotta vältetään virheelliseltä takaisinkytkemiseltä.

Lämpöreleen irrotuksen jälkeen kytketään navat sarjaan riittävän kokoisella johtimella, jotta mittausvirta kulkee jokaisen bi-metalliliuskan läpi eikä aiheuta releen laukaisua heti virta epäsymmetrian takia.

Relekoestuslaitteen johtimet voidaan kytkeä lämpöreleeseen ja asettaa relekoestuslaitteeseen mittausvirta, joka on moottorin käynnistysvirran suuruinen.

Ennen mittaamista varmistetaan vielä esimerkiksi lämpökameralla tai muulla menetelmällä, että lämpörele on 20 °C, jotta mittaus on vertailukelpoinen lämpöreleen laukaisukäyrän kanssa.

Mittauksen jälkeen puretaan mittauskytkentä pois ja kytketään lämpörele takaisin lähtöön samalla tavoin kuin se olikin.

Tämän jälkeen ilmoitetaan vielä prosessinhoitajalle, että kyseinen moottori on taas käytettävissä.

2 TYÖOHJE

1. Työkalut
 - a. Varmistus työkalujen soveltuvuudesta sähkötöihin.
 - b. Testausjohtimien riittävän poikkipinta-alan varmistaminen.
2. Ilmoittaminen
 - a. Ilmoitus prosessinhoitajalle moottorin testaamisesta ja tästä aiheutuvasta käyttökatkosta. Testaamisen aloittaminen prosessinhoitajan luvan jälkeen.
3. Jännitteettömyys
 - a. Varmistaminen sähkökuvien perusteella tuleeko lähtöön vierasta ohjausjännitettä.
 - b. Lähdön jännitteettömäksi tekeminen esimerkiksi pääkytkimen avulla.
 - c. Jännitteettömyyden varmistaminen siihen soveltuvalla mittarilla.
4. Merkkaaminen
 - a. Lämpöreleen johtimien merkkaaminen takaisinkytkentää varten.
5. Irrottaminen
 - a. Lämpöreleen irrottaminen lähdöstä
6. Lämpötila
 - a. Lämpöreleen lämpötilan varmistaminen (20 °C), jotta mittaus on vertailukelpoinen laukaisukäyrän kanssa.
7. Mittauskytkentä
 - a. Lämpöreleen napojen kytkeminen sarjaan riittävän kokoisella johtimella.
 - b. Relekoestuslaitteen kytkeminen lämpöreleeseen.
 - c. Mittausvirran asettelu moottorin käynnistysvirraksi.
 - d. Mittauksen suorittaminen.
8. Kytkennän palauttaminen
 - a. Mittauskytkennän purkaminen
 - b. Lämpöreleen kytkeminen takaisin lähtöön.
 - c. Merkkausten purkaminen
 - d. Keskuksen palauttaminen jännitteelliseksi.
9. Mittauksen lopettaminen
 - a. Ilmoitus prosessinhoitajalle testauksen valmistumisesta

Liite 4. Mittauspöytäkirja

#	Nimi	Positio	Keskus / Lähtö	In [A]	Is / In	Te [S]
1	Jäteöljyn pumppu	MPU 301	12K1001	52	7,1	6
2	Öljyisen veden siirtopumppu	MPU 304	12K1003	11	6,5	10
3	Kiertoilmakoje	SKK-1	5-JV01-W1216	0,9	2,5	49
4	Poistoilmapuhallin	SPF-1	5-JV01-W1210	0,6	3	20
5	Jäteöljyn siirtopumppu	MPU 316	12K1107	58	7,2	8
6	Liuotin pumppu	MPU 324	12K1002	11	6,5	10
7	Kiertoilmakoje	SKK-2	5-JV01-W1217	0,9	2,5	49
8	Kiertoilmakoje	SKK-3	5-JV01-W1218	0,9	2,5	49
9	Poistoilmapuhallin	SPF-2	5-JV01-W1211	0,6	3	20
10	Poistoilmapuhallin	SPF-3	5-JV01-W1212	0,6	3	20
11	Liuottimen siirtopumppu	MPU 310	12K1101	11	6,5	10
12	Glykolikiertopumppu D32-323-2A	MPU 321	5-JV01-W1222	0,75	4,8	25
13	Glykolikiertopumppu D32-323-2B	MPU 322	5-JV01-W1223	6,9	7,7	11
14	Kevytöljy pumppu 1	MPU 402	21K0904D	7,5	6,2	20
15	Kevytöljy pumppu 2	MPU 403	22K0604A	7,5	6,2	20
16	Kiertoilmakoje	SKK-4	5-JV01-W1219	0,9	2,5	49
17	Poistoilmapuhallin	SPF-4	5-JV01-W1213	0,6	3	20
18	Ekoöljyn siirtopumppu	MPU 307	12K1006	52	7,1	6
19	Liuotin pumppu	MPU 308	12K1007	11	6,5	10
20	Sekoitett. Liuottimien siirtopumppu	MPU 311	12K1102	11	6,5	10
21	Sekoitett. Liuottimien siirtopumppu	MPU 312	12K1103	11	6,5	10
22	Kiertoilmakoje	SKK-5	5-JV01-W1220	0,9	2,5	49
23	Poistoilmapuhallin	SPF-5	5-JV01-W1214	0,6	3	20
24	Jäteöljyn siirtopumppu	MPU 306	12K1005	29,5	5,8	9
25	Kiertoilmakoje	SKK-6	5-JV01-W1221	0,9	2,5	49
26	Poistoilmapuhallin	SPF-6	5-JV01-W1215	0,6	3	20
27	Liuottimen siirtopumppu	MPU 325	12K0803	11,5	6,2	8
28	Liuottimen siirtopumppu	MPU 326	12K0804	11,5	6,2	8
29	Kiertoilmakoje	SKK-7	5-JV01-W1226	0,74	2,8	50
30	Poistoilmapuhallin	SPF-7	5-JV01-W1224	0,45	3,1	35
31	Halogeeniliuottimen sekoitin	MSE 301	12K0903	22	7,7	8
32	Liuottimien sekoitin	MSE 302	12K0904	22	7,7	8
33	Jäteöljysäiliön 2A sekoitin	MSE 303	12K1605	8,9	6,9	12
34	Öljyisen veden varastos. 4A sekoitin	MSE 313	12K1606	8,9	6,9	12

#	Lämpörele		Asetusalue	
	Malli	Aset.	Min	Max
1	ABB TA 75 DU V1000	50	36	52
2	Patam 1 D 12	11	9	12
3	Patam 1 D 1,2	0,88	0,8	1,2
4	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
5	Patam 2B 63	57,5	45	63
6	Patam 1 D 12	11	9	12
7	Patam 1 D 1,2	0,89	0,8	1,2
8	Patam 1 D 1,2	0,89	0,8	1,2
9	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
10	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
11	Patam 1 D 12	11	9	12
12	Patam 1 D 0,9	0,76	0,6	0,9
13	Patam 1 D 8	7	5,6	8
14	ABB TA 25 DU	7,5	6	8,5
15	ABB TA 25 DU	7,5	6	8,5
16	Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
17	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
18	ABB TA 75 DU V1000	50	36	52
19	Patam 1 D 12	11	9	12
20	Patam 1 D 12	11	9	12
21	Patam 1 D 12	11	9	12
22	Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
23	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
24	ABB TA 25 DU V1000	30	24	32
25	Patam 1 D 1,2	0,9	0,8	1,2
26	ABB T25 DU	0,6	0,4	0,63
27	Patam 1 K 12	11	9	12
28	Patam 1 K 12	11,4	9	12
29	Patam 1 K 0,9	0,72	0,6	0,9
30	Patam 1 K 0,5	0,45	0,34	0,5
31	Patam 2B 25	22	18	25
32	Param 2B 25	22	18	25
33	ABB TA 25 DU	9	7,5	11
34	ABB TA 25 DU	9	7,5	11

Mittaus virta [A]	te [s]	Käyrän lakaisuaika [s]	20 %	-20 %	Mittausvirta [A]	Mitattu aika [s]	Ok
369,2	6	8,5	10,2	6,8	368	6,475	
71,5	10	7	8,4	5,6	71,5	5,458	
2,25	49	35	42	28	2,24	35,93	X
1,8	20	17,5	21	14	1,79	17,34	X
417,6	8	9	10,8	7,2	417,5	7,551	X
71,5	10	7	8,4	5,6	71,5	6,315	X
2,25	49	35	42	28	2,25	36,47	X
2,25	49	35	42	28	2,25	40,43	X
1,8	20	17,5	21	14	1,81	16,51	X
1,8	20	17,5	21	14	1,8	16,48	X
71,5	10	7	8,4	5,6	71,5	5,835	X
3,6	25	12	14,4	9,6	3,61	9,48	
53,13	11	5,5	6,6	4,4	53,1	4,5	X
46,5	20	4,9	5,88	3,92	46,4	5,102	X
46,5	20	4,9	5,88	3,92	46,4	5,383	X
2,25	49	35	42	28	2,25	31,16	X
1,8	20	17,5	21	14	1,79	16,89	X
369,2	6	8,5	10,2	6,8	372	6,384	
71,5	10	7	8,4	5,6	71,5	6,127	X
71,5	10	7	8,4	5,6	71	6,579	X
71,5	10	7	8,4	5,6	71,6	5,554	
2,25	49	35	42	28	2,25	38,11	X
1,8	20	17,5	21	14	1,79	15,84	X
171,1	9	5,5	6,6	4,4	171	6,648	
2,25	49	35	42	28	2,24	38,33	X
1,8	20	17,5	21	14	1,81	14,46	X
71,3	8	7,9	9,48	6,32	71,3	5,192	
71,3	8	7,9	9,48	6,32	71,3	5,365	
2,072	50	30	36	24	2,08	20,53	
1,395	35	22,5	27	18	1,4	15,89	
169,4	8	7,9	9,48	6,32	169,5	7,686	X
169,4	8	7,9	9,48	6,32	169,4	8,63	
61,41	12	4,1	4,92	3,28	61,4	4,483	X
61,41	12	4,1	4,92	3,28	61,4	4,413	X

#	Hylkäys peruste	Huomautettavaa
1	Alle -20 %	
2	Alle -20 %	
3		
4		
5		Lähdössä vierasohjausjännite 24 V, ei merkintää siitä.
6		
7		
8		
9		Kosketussuoja rikki reunasta
10		Kosketussuoja rikki reunasta
11		Kosketussuoja rikki välistä
12	Alle -20 %	
13		
14		
15		
16		
17		Kosketussuoja rikki reunasta
18	Alle -20 % ja yli te-ajan	
19		
20		
21	Alle -20 %	
22		
23		Kosketussuoja rikki reunasta
24	Yli +20 %	
25		
26		
27	Alle -20 %	
28	Alle -20 %	Lähdössä vierasohjausjännite 12 V, ei merkintää siitä.
29	Alle -20 %	
30	Alle -20 %	
31		
32	Yli te-ajan	
33		
34		